

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА

В. Е. АБРАКІТОВ

**КАРТОГРАФУВАННЯ ШУМОВОГО
РЕЖИМУ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ
МІСТА ХАРКОВА**

**Харків
ХНАМГ
2010**

УДК 691:699.84.001.63

ББК 30н

A16

Рецензенти:

В. І. Торкатюк, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Харківської національної академії міського господарства, академік Міжнародної академії наук безпеки життєдіяльності.

С. Є. Селіванов, доктор технічних наук, професор Харківського національного університета ім. Каразіна, академік Міжнародної академії наук екології та безпеки.

В. Д. Мартовицький, доктор технічних наук, професор, президент Донбаського регіонального відділення Міжнародної академії наук безпеки й екології.

*Рекомендовано вченою радою Харківської національної академії
міського господарства
(протокол № 4 від 26 грудня 2009 року)*

Абракітов В. Е.

A16 Картографування шумового режиму центральної частини міста Харкова: монографія / В. Е. Абракітов; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Х.: ХНАМГ, 2010. - 266 с.

ISBN 978-966-695-178-9

Розроблено технологію моделювання шумового забруднення міської території на базі геоінформаційних систем. Об'єктом дослідження виступає міське середовище, а саме Нагорний район м. Харкова, його аналіз та моделювання впливу автотранспортного шуму з подальшим застосуванням його на практиці. Розробка технології опирається на використання програмного продукту ArcGIS 9.3. Результатом роботи є експериментальна тривимірна модель шумового забруднення території міста Харкова. Розроблено й випробувано нову технологію створення тривимірної моделі забруднення шуму. Унікальність даної технології полягає в тому, що без залучення додаткових програмних продуктів, можна змоделювати будівлі та спорудження, які перебувають під шкідливою дією шуму.

УДК 691:699.84.001.63

ББК 30н

ISBN 978-966-695-178-9

© Абракітов В. Е., 2010.

© ХНАМГ, 2010

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП.....	8
1. ШУМОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ МІСТ	12
1.1. Проблеми акустичної екології.....	12
1.2. Негативний вплив шуму на людину	18
1.3. Нормування шуму.....	23
2. ПОЧИНАЄМО БОРОТИСЯ З ШУМОМ	28
2.1. Класифікація й опис міських джерел шуму	28
2.2. Методи визначення акустичних характеристик джерел шуму	32
2.2.1. Загальні відомості.....	32
2.2.2. Методи виміру шуму залізничного рухомого складу.....	34
2.2.2.1. Вимір внутрішнього шуму рухомого складу	35
2.2.2.2. Вимір зовнішнього шуму рухомого складу	42
2.2.2.3. Протокол випробувань	46
2.2.2.4. Додаткові виміри шуму залізничного рухомого складу	47
2.2.2.5. Додаткові виміри при вимірі зовнішнього шуму залізничного рухомого складу на стоянці	48
2.2.2.6. Додаткові виміри на мостах і в тунелях	51
2.2.3. Визначення гучності автомобілів.....	51
2.3. Прилади для вимірювання шуму.....	58
2.4. Методи боротьби з шумом.....	61
2.5. Карта шуму та інші способи розробки заходів захисту від шумового забруднення.....	63
2.5.1. Картографування шумового режиму. Основне призначення і зміст карти шуму міста	63
2.5.2. Методологічна основа складання карти шуму м. Харкова.....	67
2.5.3. Складові частини й побудова карти шуму міста	75
2.5.4. Карти шуму в європейських містах	79

2.6. Місце й роль ГІС у моніторингу шумового забруднення.....	87
2.6.1. Що таке «геоінформаційні системи»?	87
2.6.2. Можливості застосування ГІС-технологій в боротьбі з шумом.....	87
3. ПЛАНУВАННЯ ПРОЕКТУ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ	92
3.1. Образність сприйняття - основа наочності сучасних математичних моделей.....	92
3.2. Наше кредо – злиття моделювання й натурних вимірів у єдине ціле.....	98
3.3. Поля інтерполяції.....	101
3.4. Критика прототипу	105
3.5. Наш підхід до проблеми.....	110
4. ЗБІР І ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА ВИХІДНИХ ДАНИХ.....	116
4.1. Стисла характеристика об'єкта дослідження (м. Харків взагалі)	116
4.2. Характеристика об'єкта дослідження (Нагірний район м. Харкова – місце, де проводиться картографування шумового режиму)	124
4.2.1. Відомості про місце дослідження	124
4.2.2. Основні вулиці й площі Нагорного району (на яких проводилося дослідження).....	127
4.3. Вибір і обґрунтування картографічної основи. Растрові карти.....	134
4.4. Створення цифрової моделі рельєфу в плоскому (2D) й у тримірному (3D) вигляді. Векторні карти	139
5. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ	146
5.1 Огляд існуючих методів вимірювання шуму.....	146
5.2. Технологія збору даних щодо моніторингу шумового забруднення міської території.....	156

5.2.1 Використовувані вимірювальні прилади.....	156
5.3. Оптимізація об'єктів дослідження	163
6. МОДЕЛЮВАННЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІЇ ЗАСОБАМИ ГІС	174
6.1. Створення базових наборів даних шумового забруднення міського середовища.....	174
6.2. Створення й проектування просторової бази даних	180
6.3. Обробка даних шумового забруднення міського середовища методами й засобами Spatial Analyst і Geostatistical Analyst	188
6.3.1 Побудова поверхонь за допомогою Geostatistical Analyst.....	188
6.3.2 Створення растру шляхом інтерполяції за допомогою Spatial Analyst	196
6.4. Способи побудови поверхонь.....	199
6.4.1 Метод обернено зважених відстаней (IDW)	199
6.4.2 Метод Сплайн (Splin)	204
6.4.3. Метод Крігінг (Kriging)	207
6.5. Створення 3D моделі місцевості в ArcGis 9.3.....	226
6.6. Надання рекомендацій щодо шумозахисних заходів.....	230
7. ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВАРТОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІЇ ЗАСОБАМИ ГІС	235
7.1. Загальні положення	235
7.2. Етапи створення проекту геоінформаційного моніторингу шумового забруднення	236
7.3. Розрахунок витрат на апаратне й програмне забезпечення.....	237
7.3.1 Ціни на апаратне й програмне забезпечення.....	239
7.3.2 Розрахунок амортизації обладнання	240
7.4. Розрахунок вартості створення цифрової карти	242
7.4.1 Підготовка картографічних матеріалів	243

7.4.2 Виготовлення цифрової векторної карти масштабу 1:2000	245
7.4.3 Підготовка до видання цифрової векторної карти	249
7.5. Підбір персоналу для реалізації проекту	252
7.6. Кошторис розробки проекту геоінформаційного моніторинга шумового забруднення	253
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	255

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Вул	– вулиця (міста)
ГІС	– геоінформаційні системи;
дБ	– децибел (одиниця виміру шуму);
Гц	– герц (одиниця виміру частоти);
кГц	– кілогерц (одиниця виміру частоти);
МГц	– мегагерц (одиниця виміру частоти);
м	– метр (одиниця виміру довжини);
БД	– база даних;
м/с	– метр за секунду (одиниця виміру швидкості);
С°	– градуси Цельсія (одиниця виміру температури);
TIN модель	– тривимірна модель рельєфу;
Мб	– мегабайт (одиниця фізичної величини об'єму в цифровому форматі);
Гб	– гігабайт (одиниця фізичної величини об'єму в цифровому форматі);
ВВП	– внутрішній валовий продукт;
ЕМП	– електромагнітний потік;
ЕМВ	– електромагнітне випромінювання;
ЕОМ	– електронно-обчислювальна машина;
ЦНС	– центральна нервова система;

ВСТУП

Науково-технічний прогрес в усіх галузях промисловості й на транспорті супроводжується розробкою й широким упровадженням різноманітного устаткування, верстатів і транспортних засобів. Зростання потужностей сучасного устаткування, машин, побутової техніки, швидкий розвиток усіх видів транспорту привели до того, що людина на виробництві й у побуті постійно піддається дії шуму високої інтенсивності. Наслідком шкідливої дії шуму можуть бути професійні захворювання, підвищення загальної захворюваності, зниження працездатності, підвищення ступеня ризику травм і нещасних випадків, пов'язаних з порушенням сприйняття попереджувальних сигналів, порушення слухового контролю функціонування технологічного устаткування, зниження продуктивності праці. Весь комплекс змін, що виникають у організмі людини при тривалій дії шуму, слід розглядати як «шумову хворобу». Об'єктивно дія шуму виявляється у вигляді підвищеного кров'яного тиску, прискореного пульсу й дихання, зниження гостроти слуху, ослаблення уваги, деякого порушення координації руху і зниження працездатності. Суб'єктивно

дія шуму може виражатися у вигляді головного болю, запаморочення, безсоння, загальної слабкості.

Слід вказати, що право на життя й здоров'я, відпочинок, створення безпечних і належних умов праці [1] гарантується громадянам Конституцією України. Особливого значення при цьому набувають питання охорони навколишнього середовища й, зокрема, захист міських забудов від шумового забруднення. Одним з небезпечних і шкідливих факторів техногенного середовища, поряд з іншими, що перелічені в підзаконних актах є шум, здатний впливати на стан здоров'я людини й комфортність умов її існування. Стаття 24 Закону України [3] прямим чином твердить про необхідність захисту населення нашої держави від шкідливого впливу акустичних випромінювань. Закон про охорону праці, що нині діє в Україні, також ставить на пріоритетне місце життя й здоров'я людини [2]. Значні рівні звукового тиску згідно з ГОСТ 12.0.003-74* [4] класифікуються як шкідливий (і навіть небезпечний) виробничий фактор [5]. Це затверджено цілою низкою інших нормативних документів [6-9, 10, 11, 12-18]. Порухення цих норм зовсім неприпустиме й призводить до порушень нормального

життєвого циклу людини [19], а також до багатьох різноманітних хвороб [20-23].

Шум здійснює руйнівну дію на організм людини, якої сприяє й та обставина, що проти нього люди практично беззахисні. Сліпуче яскраве світло змушує інстинктивно замружуватися. Той же інстинкт самозбереження рятує від опіку, відводячи руку від вогню або від гарячої поверхні. А от на вплив шумів ніякої захисної реакції в людини немає [23].

Рівень постійного шуму навколишнього середовища коливається від 35 до 60 дБ, причому фізіологічно припустимі норми шуму 45 дБ уночі й 60 дБ удень. Якщо шум досягає 70 - 80 дБ, людина починає почувати стомлення. Шум, інтенсивність якого коливається між 85 і 110 дБ, становить значну небезпеку (веде до прямої втрати слуху) [23].

Таким чином, варто визнати, що в даний час усе частіше й частіше на найперше місце виступають питання забезпечення акустичного комфорту середовища мешкання людини.

Над проблемою шумового "нападу" в багатьох країнах серйозно задумалися і вжили певних заходів. При розробці

різноманітних шумозахисних заходів важлива роль приділяється прогнозуванню шумового режиму.

Особливу проблему становить збільшення рівня шуму в міських районах. Дана проблема мало досліджена, однак безсумнівно, що її значення буде зростати. Акустична вібрація сприяє більш швидкому зносу і руйнуванню будівель і споруд, але головне, що вона може негативно впливати на найбільш точні технологічні процеси. Особливо важливо підкреслити, що найбільшу шкоду шум і вібрація приносять передовим галузям промисловості й відповідно до її зростання може надавати обмежуваний вплив на можливості науково-технічного прогресу в містах.

Тому виникає гостра необхідність у боротьбі з шумом, у контролі його параметрів і в його дослідженні.

Метою цього дослідження є отримання даних про шумовий режим м. Харкова. Згодом ці дані можуть бути використані для еколого-економічної оцінки територій, побудови карти шуму міста, дослідження спектрів міських шумів, планування заходів щодо боротьби з шумом і для перевірки наукових гіпотез щодо закономірностей спаду інтенсивності звуку в міській забудові. Таким чином тематика проведеної роботи є актуальною.

1. ШУМОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ МІСТ

1.1. Проблеми акустичної екології

У [24] вказується: *"...Философская основа акустической экологии проста: ее автор - R. Murray Schafer, музыкант, композитор и профессор канадского университета – предположил, что мы слышим акустическую окружающую среду как музыкальную композицию, и затем, что мы несем ответственность за нее. Первым шагом Шефера стало замечание о невероятном преобладании визуальной информации в обществе – «культура глаза», как это явление часто обозначалось во многих работах – и указание на то, что умение детей слушать стремительно падает. В ответ на эту проблему было предложено развивать набор упражнений по «прочистке ушей» («ear cleaning»), включающий «звуковые прогулки» («soundwalk») – прогулочные маршруты, основной целью которых ставится осознание звуковой среды (Schafer 1967 and 1969).*

Важной задачей стало показать, что звук определенного места может – как местная архитектура, обычаи и одежда – выражать индивидуальность сообщества, его идентичность в рамках пространства. Исходя из этого,

звук начинает играть роль нематериального наследия, вследствие чего становится актуальным вопрос защиты и сохранения природной и историко-культурной звуковой среды, которая является неотъемлемой частью как природного, так и культурного ландшафта..."

Серед органів почуття слух - один з найважливіших. Завдяки йому ми здатні сприймати й аналізувати величезне різноманіття звуків, що оточують нас. Слух завжди пильнує, навіть уночі, у сні. Він постійно піддається роздратуванню, тому що не має ніяких захисних пристосувань.

Звичайно для позначення того, що ми чуємо, використовують два близьких за змістом слова: "звук" й "шум". Звук - це фізичне явище, викликане коливальним рухом часток середовища. Звукові коливання мають певну амплітуду й частоту. Так, людина здатна чути звуки, що розрізняються за амплітудою в десятки мільйонів разів. Що стосується шуму, то він являє собою хаотичне, неструнке змішання звуків, що негативно діє на нервову систему.

Шум - щоденний супутник сучасних міських жителів, - такий же повільний вбивця, як і хімічне отруєння. За деяким даними, шум посідає друге місце після паління за негативним впливом на організм людини.

Останні дослідження вчених показали, що шум міста негативно впливає на розумовий розвиток дітей, що в майбутньому неодмінно відбивається на їхній успішності в школі.

Шум впливає на зоровий і вестибулярний апарати, знижує стійкість ясного бачення й рефлекторної діяльності, що часто стає причиною нещасних випадків і травм.

Шум діє на психіку, пригнічуючи її, сприяє значній витраті нервової енергії. Відсутність необхідної тиші, особливо в нічний час, приводить до передчасної втоми. Шум заважає нормальному відпочинку й відновленню сил, порушує сон. А систематичне недосипання й безсоння, у свою чергу, ведуть до важких нервових розладів. Шуми високих рівнів можуть бути гарним ґрунтом для розвитку стійкого безсоння, неврозів й атеросклерозу.

Шум настільки небезпечний, що лікарі говорять про шумову хворобу, яка розвивається в результаті впливу шуму з переважним ураженням слуху й нервової системи.

Звуки наднизьких частот, які ми навіть не чуємо (інфразвуки), також небезпечні для організму людини. Частота в 6 Гц може викликати відчуття втоми, туги, морську хворобу, при частоті в 7 Гц може навіть наступити смерть від

раптової зупинки серця. Доведено, що потрапляючи в природний резонанс роботи будь-якого органа, інфразвуки можуть зруйнувати його. Наприклад, частота в 5 Гц ушкоджує печінку.

Рівень шуму в 20-30 дБ практично нешкідливий для людини. Це природне шумове тло, без якого неможливе людське життя. Для "голосних звуків" припустима границя приблизно 80 дБ. При шумі 68-90 дБ виникають неприємні відчуття, при 120-130 - болючі, при 150 - необоротна втрата слуху, при 180 - смерть (для приклада: зі звуком у 190 дБ вибухає атомна бомба).

Будь-який шум достатньої інтенсивності й тривалості може призвести до різного ступеня зниження слухової активності.

При високих рівнях шуму слух починає погіршуватися вже через 1-2 року, при середніх - зниження слуху виникає набагато пізніше, через 5-10 років. Тому особливо важливо заздалегідь вживати відповідних заходів захисту від шуму. Адже в цей час майже кожна людина, яка піддається впливу шуму, ризикує стати глухим.

Якщо в 60-70 роки минулого століття шум на вулицях не перевищував 80 дб, то в цей час він досягає 100 дб і бі-

льше. На багатьох жвавих магістралях навіть уночі шум не буває нижче 70 дБ, у той час як за санітарними нормами він повинен не перевищувати 40 дБ.

Люди зараз живуть у постійному оточенні шуму, як поки неминучого наслідку розвитку техніки. До шуму не можна адаптуватися. Потреба в тиші стала загальнолюдською проблемою, над якою серйозно задумалися в багатьох країнах. За останнє десятиліття проблема боротьби з цим негативним явищем стала однією з найважливіших. Наприклад, у конституції ряду країн уже внесене право людей на життя в умовах здорового навколишнього середовища.

Цією проблемою також зацікавилися й екологи. Поступово в їхніх дослідженнях, в яких традиційно розглядався хімічний, фізичний і біологічний вплив на людину середовища його перебування, все більше уваги стало приділятися психологічному аспекту. Це привело до формування спеціального розділу екології - акустичної екології [25]. На думку екологів, вплив рівня шуму за своєю дією на людину порівняний з такими факторами, як хімічний склад повітря, радіаційне тло, зміна гравітації і т.д. З'явився спеціальний термін – шумове забруднення.

Шум був визнаний одним з дестабілізуючих факторів, що впливають на людину.

У зв'язку з цим міжнародними організаціями питанням боротьби з шумом сьогодні приділяється величезна увага. Так, технічним комітетом ISO розроблено більше 50 стандартів, що регламентують способи оцінки джерел шуму й контролю над ними.

Існує декілька найнебезпечніших у плані "шумового забруднення" зон: заводи й фабрики з їхнім достатком техніки, великі офіси, в яких зосереджена велика кількість людей, - і, далеко не в останню чергу, наші будинки, де ми з вами живемо, проводимо основну частину нашого відпочинку й намагаємося сховатися від шуму великого міста. Можливо, давно вже має сенс задати собі питання, наскільки мій будинок, а отже, і я захищені від впливу шуму?

Шумове забруднення в містах практично завжди має локальний характер і переважно викликається засобами транспорту: міського, залізничного й авіаційного. Вже зараз на головних магістралях великих міст рівні шумів перевищують 80 дБ і мають тенденцію до посилення щорічно на 0,5 дБ, що є найбільшою небезпекою для навколишнього середовища в районах жвавих транспортних магістра-

лей. Як показують дослідження медиків, підвищені рівні шумів сприяють розвитку нервово-психічних захворювань і гіпертонічної хвороби. Боротьба з шумом, у центральних районах міст утруднюється щільністю забудови, з-за якої неможливе будівництво шумозахисних екранів, розширення магістралей і висадка дерев, що знижують на дорогах рівні шумів. Таким чином, найбільш перспективними рішеннями цієї проблеми є зниження власних шумів транспортних засобів і застосування в будинках, що виходять на найбільш жваві магістралі, нових шумопоглинаючих матеріалів, вертикального озеленення будинків і потрійного оскління вікон (з одночасним застосуванням примусової вентиляції).

1.2. Негативний вплив шуму на людину

Реакція людини на шум різноманітна. Деякі люди терпимі до шуму, в інших він викликає роздратування, прагнення піти від джерела шуму. Психологічна оцінка шуму в основному базується на понятті сприйняття, причому велике значення має внутрішній настрій до джерела шуму. Він визначає, чи буде шум заважати діяльності Людини. Часто шум, створюваний самою людиною, не турбує її, в

той час як невеликий шум, викликаний сусідами або яким-небудь іншим джерелом, надає сильний дратівний ефект. Велику роль відіграє характер шуму та його періодичність.

На ступінь психологічної і фізіологічної сприйнятливості до шуму впливають тип вищої нервової діяльності, характер сну, рівень фізичної активності, ступінь нервового й фізичного перенапруження, шкідливі звички (алкоголь і куріння).

Звукові подразники створюють передумову для виникнення в корі головного мозку місць застійного збудження або гальмування. Це призводить до зниження працездатності, в першу чергу розумової, так як зменшується концентрація уваги, збільшується кількість помилок, розвивається стомлення.

Такий стан негативно позначається й на серцево-судинній системі: змінюється частота серцевих скорочень, підвищується або знижується артеріальний тиск, підвищується тонус і знижується кровонаповнення судин головного мозку. Існує залежність між захворюваністю центральної нервової системи й серцево-судинною системою, рівнями шуму й тривалістю проживання в гучних міських умовах. Зростання загальної захворюваності населення

відзначається після 10 років проживання при постійному шумовому впливі з інтенсивністю до 70 дБА і вище.

Отже, міський шум можна віднести до факторів ризику виникнення гіпертонічної хвороби, ішемічної хвороби серця. Постійна дія інтенсивного шуму (70 дБА і більше) може стати причиною гастриту й навіть виразкової хвороби, так як можуть порушуватися секреторна й моторна функції шлунка.

Гучна музика (по радіо, телебаченню, відтворена за допомогою спеціальної апаратури) може досягати 100 дБА, а на концертах з використанням електроакустичної апаратури до 115дБА. Тривалий вплив звуку високої інтенсивності та високої частоти може викликати необоротну втрату слуху (приглухуватість). В умовах сильного міського шуму також відбувається постійне напруження слухового аналізатора. Це викликає збільшення порога чутності (10 дБ для більшості людей з нормальним слухом) на 10-25 дБ.

Шум у великих містах скорочує тривалість життя людини. За даними австрійських дослідників, це скорочення коливається в межах 8-12 років. Надмірний шум може стати причиною нервового виснаження, психічної пригніченості, вегетативного неврозу, виразкової хвороби, розладів

ендокринної системи. Шум заважає людям працювати й відпочивати, знижує продуктивність праці.

Масові фізіолого-гігієнічні обстеження населення, яке піддається впливу транспортного шуму в умовах проживання та трудової діяльності, виявили певні зміни в стані здоров'я людей. Найбільш виражені зміни виявлені в осіб, що випробовують шумовий вплив в умовах, як праці, так і побуту, в порівнянні з особами, що проживають і працюють в умовах відсутності шуму.

Шум у значній мірі порушує сон. Вкрай несприятливо діють переривчасті, раптово виникаючі шуми, особливо у вечірні й нічні години, на щойно заснувшу людину. Раптово виникаючий під час сну шум (наприклад, гуркіт вантажівки) нерідко викликає сильний переляк, особливо в хворих людей і у дітей. Шум зменшує тривалість і глибину сну. Під впливом шуму рівнем 50 дБ термін засинання збільшується на годину й більше, сон стає поверховим, після пробудження люди відчують втому, головний біль, а нерідко і серцебиття. Відсутність нормального відпочинку після трудового дня призводить до того, що природно розвинуте в процесі роботи стомлення не зникає, а поступово

переходить у хронічне перевтомлення, що сприяє розвитку ряду захворювань.

Питання впливу шуму на сон і відпочинок людини розглянуті в роботі [26]. Там, поряд з іншими негативними наслідками акустичних забруднень, дослівно сказане наступне *"...Установлено, что большинство из нас легко адаптируется к относительно постоянному шуму. Однако мы не можем не реагировать на внезапный резкий шум - от пролетающего самолета или проезжающего мимо дома тяжелого грузовика, стука двери в подъезде. Громкие звуки на самом деле нарушают сон даже тех людей, которые считают, что они не просыпаются от шума, и не помнят этого утром..."* У цій же роботі вказується, що *"...Порог интенсивности шума, вызывающего пробуждение, определяется также потребностью человека в сне. В течение ночи, по мере того как человек высыпается, сон во время каждой последующей стадии становится все менее глубоким, и человека легче разбудить..."*

Дана проблема, цілком очевидно є глобальною. В усьому світу кількість автомобілів з кожним днем збільшується в геометричній прогресії. Все більше й більше людей

мають свою власну машину. Але багато хто зовсім не замислюється над тим, до чого все це призведе?

Для того щоб зберегти людству автомобіль, необхідно якщо не виключити, то звести до мінімуму шкідливі викиди. Роботи в цьому напрямку ведуться в усьому світі й дають певні результати. Автомобілі, що випускаються в даний час у промислово розвинених країнах, викидають шкідливих речовин у 10-15 разів менше, ніж 10-15 років тому. В усіх розвинених країнах відбувається посилення нормативів на шкідливі викиди при роботі двигуна. Відбувається не тільки кількісна жорсткість норм, але й їх якісна зміна.

1.3. Нормування шуму

Контроль за рівнем шуму та його оцінка здійснюються згідно з ДСН 3.3.6.037-99, та ГОСТ 12.1.050-86; ГОСТ 12.1.003-83*; ДСТУ 2867-94 [6, 7, 8, 9].

На робочих місцях згідно з ГОСТ 12.1.003-83 шум характеризують рівні звукового тиску в октавних середньо-геометричних смугах частот: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 та 8000 Гц. Для орієнтовної оцінки допускається брати рівні звуку за шкалою А (у дБА). Характеристика постійного шуму на робочих місцях — еквівалентний рівень

звуку. На рис. 1.1 надано нормативні рівні звукового тиску й рівні звуку на постійних робочих місцях («Санітарні норми виробничого звуку, ультразвуку й інфразвуку» ДСН 3.3.6.037-99) у графічному вигляді (тобто спектри).

Норми враховують біологічну небезпеку тонального й імпульсного шуму, а також категорію фізичного напруження (важкості праці) завдяки введенню відповідних поправок.

Вимоги до допустимих рівнів ультразвуку на робочих місцях визначаються в «Санітарних нормах виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» (ДСН 3.3.6.037-99) [17].

Джерелами ультразвуку є виробниче устаткування, в якому генеруються ультразвукові коливання для виконання технологічного процесу, а також обладнання, при використанні якого ультразвук виникає як супровідний фактор.

ДСН 3.3.6.037-99 визначає допустимі рівні звукового тиску для робочих місць вимірюваного ультразвуку в трьох октавних смугах з середньгеометричними частотами.

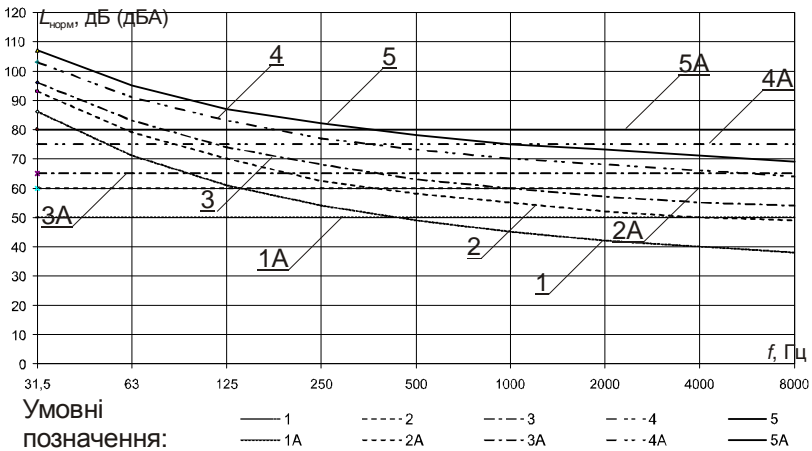


Рис. 1.1 - Нормативні спектри шуму (рівні звуку та звукового тиску згідно ДСН 3.3.6.037-99 для різних видів діяльності):

1. Творча діяльність, керівна робота з підвищеними вимогами, наукова діяльність, конструювання й проектування, програмування, викладання й навчання, лікарська діяльність; робочі місця в приміщеннях – дирекції, проектно-конструкторських бюро, розрахувачів, програмістів обчислювальних машин, у лабораторіях для теоретичних робіт і обробки даних, прийому хворих у медпунктах (рівень звукового тиску, дБ); 1A. Те ж, рівень звуку в дБА (=50 дБА).

2. Висококваліфікована робота, що вимагає зосередження, адміністративно-керівна діяльність, вимірювальні й аналітичні роботи в лабораторії; робочі місця в приміщеннях цехового керівного апарату, контор, лабораторій; 2A. Те ж, рівень звуку в дБА (= 60 дБА).

3. Робота, що виконується з указівками й акустичними сигналами, які часто надходять; робота, що потребує постійного слухового контролю, операторська робота за точним графіком з інструкцією, диспетчерська робота: робочі місця в приміщеннях диспетчерської служби, кабінетах і приміщеннях спостереження й дистанційного керування з мовним зв'язком за телефоном, друкарських бюро, на дільницях точного складання, на телефонних і телеграфних станціях, у приміщеннях майстрів, у залах обробки інформації на обчислювальних машинах без дисплея й у приміщеннях операторів акустиків; 3A. Те ж, рівень звуку в дБА (=65 дБА).

4. Робота, що вимагає зосередження, робота з підвищеними вимогами до процесів спостереження й дистанційного керування виробничими циклами: робочі місця за пультами в кабінетах нагляду й дистанційного керування без мовного зв'язку за телефоном; у приміщеннях лабораторій з шумовим устаткуванням, шумними агрегатами обчислювальних машин. 4А. Те ж, рівень звуку в дБА (= 75 дБА).

5. Виконання всіх видів робіт (окрім перелічених у пп. 1-4 та аналогічних їм) на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях і території підприємств. 5А. Те ж, рівень звуку в дБА (= 80 дБА).

Так, для середньогометричної частоти 12,5 кГц рівень звукового тиску не повинен перевищувати 80 дБ, для 16 кГц - 90 дБ, 20 кГц - 100 дБ, 25 кГц - 105 дБ; для середньогометричних частот у діапазоні 31,5 - 10 кГц рівні звукового тиску не повинні перевищувати 110 дБ. Загальний рівень звукового тиску не повинен перевищувати 110 дБ. "Санітарними нормами і правилами при роботі на промислових ультразвукових установках" (№ 1733-77) обмежуються рівні звукового тиску у високочастотній області чутних звуків і ультразвуків на робочих місцях (від 80 до 110 дБ при середньогометричних частотах третьоктавних смуг від 12,5 до 100 кГц). Ультразвук, що передається контактним шляхом, нормується "Санітарними нормами і правилами при роботі з устаткуванням, що створює ультразвуки, що передаються контактним шляхом на руки працюючих" № 2282-80.

Вимоги до допустимих рівнів інфразвуку на робочих визначаються в "Санітарних нормах виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку" (ДСН 3.3.6.037-99), де за характером спектру інфразвук підрозділяється на широкосмуговий і гармонійний. Гармонійний характер спектра встановлюють в октавних смугах частот з перевищення рівня в одній смузі над сусідніми не менш чим на 10 дБ. За тимчасовими характеристиками інфразвук підрозділяється на постійний і непостійний.

Нормованими характеристиками інфразвуку на робочих місцях є рівні звукового тиску в децибелах у октавних смугах частот зі середньгеометричними частотами 2, 4, 8, 16 Гц. ДСН 3.3.6.037-99 визначає допустимі рівні звукового тиску для робочих місць вимірюваного інфразвуку в третьоктавних смугах з середньгеометричними частотами. Так, припустимими рівнями звукового тиску є 105 дБ в октавних смугах 2, 4, 8, 16 Гц і 102 дБ в октавній смузі 31,5 Гц. При цьому загальний рівень звукового тиску не повинен перевищувати 110 дБ. Для непостійного інфразвуку нормованою характеристикою є загальний рівень звукового тиску.

2. ПОЧИНАЄМО БОРОТИСЯ З ШУМОМ

2.1. Класифікація й опис міських джерел шуму

Міське середовище включає в себе безліч технічних споруд, транспортних шляхів, промислових, спортивних і комунальних об'єктів, які є активними джерелами шуму. Прийнято систематизувати основні джерела міського шуму за наступними принципами (рис. 2.1), (рис. 2.2):



Рис. 2.1 – Класифікація шуму за видами джерел

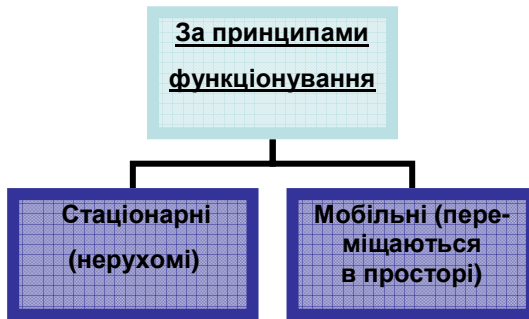


Рис. 2.2 – Класифікація шуму за принципами функціонування

До стаціонарних джерел відносяться: промислові підприємства, установи з обслуговування всіх видів транспорту (автопідприємства, автовокзали, сортувальні станції, вантажні двори, річкові порти), великі трансформаторні підстанції, відкриті спортивні споруди, комунальні об'єкти.

До мобільних джерел шуму відносяться: потоки всіх видів наземного, автомобільного й рейкового транспорту на вулично-дорожній мережі міст і позаміських магістралях, авіаційний транспорт у аеропортах і зонах підходу до аеродрому, водний транспорт, залізничний транспорт;

За величиною (розглядаються геометричні параметри джерела):

- точкові (окремі автотранспортні засоби, локомотив, літак, окремі комунальні й промислові агрегати, технічні засоби та механізми та ін);

- лінійні (щільні транспортні потоки, залізничний рух);

- просторові (промислові території, логістичні центри, автовокзали, автопідприємства, транспортні розв'язки і т. д.);

За фізичними властивостями шумоутворення в джерелі:

- джерела постійного шуму - інженерне й технологічне обладнання промислових і комунальних підприємств (постійно діючих вентиляційних агрегатів, компресорних установок, вентиляційних систем, повітродувок, трансформаторних підстанцій і т. д.);

- джерела непостійного шуму - автомобільний, залізничний, авіаційний транспорт, а також стаціонарні технічні системи, періодично діючі в міському середовищі.

Акустична характеристика кожного з джерел залежить від складових його тонів з урахуванням інтенсивності й частоти звуку. Представляється у вигляді спектра, який

може бути дискретним, безперервним (суцільним) і змішаним.

Серед основних порушників екологічного благополуччя першість зберігає шум автотранспорту. Велика маневреність, мобільність, високі швидкості доставки вантажів і пасажирів повідомлення на різні відстані, комфорт поїздки, загальнодоступність та інші позитивні якості забезпечили йому протягом минулих років і на найближчий час великі переваги в порівнянні з іншими видами транспорту. Вони визначили високі темпи зростання кількості автомобілів у містах. Шум, що створюється міським автотранспортом, низько- й середньочастотний, з максимумом звукового тиску в діапазоні частот 400-800 Гц, знижені в середньому на 4-5 дБ на октаву. Він має широкий спектральний діапазон і час звучання. Це є причиною глибини й потужності його негативного впливу. Зростання шуму на міській території, створюваного автомобільними потоками, в значній мірі залежить від принципів організації руху й технічних характеристик транспортних засобів: потужності й конструкції двигунів, вантажопідйомності, швидкості, інтенсивності руху потоку в цілому, конструкції й стану дорожнього полотна, ухилів вулиць і доріг. Окремі автотран-

спортивні засоби представляються як точкові джерела шуму (якщо розглядаються окремі автомобілі), а транспортні потоки - як лінійне або переривисте джерело шуму.

2.2. Методи визначення акустичних характеристик джерел шуму

2.2.1. Загальні відомості

У даний час розроблено методи, що дозволяють встановлювати шумові характеристики різноманітних джерел міського шуму. Це метод прямих натурних вимірювань (інструментальний), метод масштабного і математичного моделювання (розрахунковий) і аналітичний метод (графо-аналітичний), пов'язаний з використанням детермінованих і імовірнісних моделей.

Інструментальний метод передбачає отримання в натурних умовах шумових характеристик розглянутих джерел за допомогою спеціалізованих приладів (шумомерів) за жорстко встановленою методикою.

Оскільки для досліджень транспортного шуму в міських умовах важливо знати, яким саме чином збирають відомості про акустичні характеристики залізничного рухомого складу (рейковий транспорт), і автомобілів, методику

інструментальних вимірювань шуму викладено в п. 2.2.2. і 2.2.3 відповідно.

Інструментальний метод отримання акустичних шумових характеристик джерел прийнято вважати найбільш точним та надійним, оскільки визначення параметрів джерела шуму цим способом включає в себе облік різноманітних натурних умов. Однак застосування такого роду визначення джерела шуму можливе тільки в існуючій забудові при її реконструкції. До складностей використання цього методу можна віднести, перш за все, залежність результатів вимірювання від кліматичних, часових, просторових умов, а також їх одномоментність. Найбільш раціональним можна вважати застосування методу натурних вимірювань при наукових дослідженнях і складанні кадастру шуму міських джерел для подальшого використання його в розрахунках і при прогнозуванні.

Розрахунковий метод передбачає використання відомих математичних моделей залежності рівня шуму джерела від конкретних технічних характеристик і умов, що спираються на базу даних у довідковій і нормативній літературі. Метод є приблизним, тому що спирається на усереднені для всіх видів джерел дані, що не мають діапазону

варіантності, але зручний для прогнозування шумового забруднення території. Про це докладніше сказано далі в гл. 3.

Графоаналітичний метод базується на результатах експериментальних досліджень, представлених у вигляді номограм, у яких узагальнені дані про окремі джерела шуму й поправки на умови розповсюдження. Він є одним з спрощених методів оцінки, призначеним для інженерних розрахунків, і використовується в доповнення до раніше описаного розрахункового методу.

У містобудівній практиці при розробці нових проектів найбільш прийнятним методом можна вважати розрахунковий. Такий метод найбільш універсальний, він дозволяє оцінювати шум на всіх рівнях містобудівного розгляду.

2.2.2. Методи виміру шуму залізничного рухомого складу

Стандарт ГОСТ 26918-86 [27] (СТ СЭВ 5033-85) установлює методи виміру шуму (рівня звуку А й рівня звукового тиску), створюваного залізничним рухомим складом.

2.2.2.1. Вимір внутрішнього шуму рухомого складу

Вимір варто проводити під час попередніх або приймальних, типових, кваліфікаційних і періодичних випробувань¹.

Під час випробувань вимірюють рівень звуку A (L_A) у дБ(A) при тимчасовій характеристиці шумомеру S (повільно). Якщо шум носить імпульсний характер, додатково вимірюють рівень звуку A за характеристикою A в дБ(A) при тимчасовій характеристиці I (імпульс). Під час попередніх або приймальних, кваліфікаційних і типових випробувань визначається рівень звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами від 31,5 до 8000 Гц або в третьоктавних смугах з середньгеометричними частотами від 25 до 10000 Гц.

¹ Попередні або приймальні й кваліфікаційні випробування проводяться для визначення характеристик шуму одиниці рухомого складу нової конструкції. Типові випробування проводяться для визначення характеристик шуму одиниці рухомого складу, у конструкцію якої внесені зміни, що впливають на акустичні властивості. Періодичні випробування проводяться для контролю стабільності акустичних властивостей рухомого складу із часу попереднього випробування або між окремими одиницями рухомого складу. При періодичних випробуваннях число точок виміру й режимів роботи можуть бути зменшені в порівнянні із запропонованими для попередніх або приймальних, кваліфікаційних і типових випробувань. Конкретний перелік точок виміру й режимів роботи визначаються програмою випробувань, погодженою із замовником.

Вимірювальні пристрої повинні відповідати вимогам до вимірювальних приладів класу точності 1 (рис. 2.5). До початку й після закінчення кожної серії вимірів вимірювальний ланцюг повинен бути калібрований.

Для випробування рухомого складу під час руху варто обирати таку ділянку залізничної колії, акустичне навколишнє середовище (наприклад, будинки, стіни й подібні споруди) якої не впливає на рівень внутрішнього шуму. Під час вимірів метеорологічні умови (наприклад, температура, вітер, дощ і т.п.) не повинні чинити вплив на результати вимірів.

Для виміру шуму рухомого складу в нерухомому стані (під час попередніх або приймальних, кваліфікаційних і типових випробувань) рівень фонового шуму повинен бути не менш чим на 10 дБА нижче рівня шуму основного й допоміжного устаткування рухомого складу. Якщо рівень фонового шуму на 3-10 дБ нижче, вводять поправки згідно з табл. 2.1.

Під час вимірів варто виключити можливість впливу на результати виміру сторонніх сигналів, обумовлених зовнішніми перешкодами, наприклад, вібрацією вимірювального приладу, дією магнітних полів.

Табл. 2.1 - Поправки на різницю між обмірюваним рівнем звукового тиску й рівнем звукового тиску перешкод ΔL

Різниця між обмірюваним рівнем звукового тиску й рівнем звукового тиску перешкод ΔL	Більш 10 дБ	Від 6 до 9 дБ	Від 4 до 5 дБ	3 дБ	менше 3дБ
Поправки Δ , дБ	0	-1	-2	-3	вимір не враховують

Залізничний рухомий склад типової конструкції повинен проходити випробування на шум на ділянці шляху з баластовим шаром із сухих непромерзлих щебенів з залізобетонними шпалами. Допускається проводити випробування на ділянці шляху з дерев'яними шпалами. Стан шляху повинен бути добрим. Рейки вимірювальної ділянки шляху повинні бути безстикові (зварені) і не мати хвилеподібного зносу. Допускається проведення випробувань на ланковій ділянці шляху, що повинне бути відбито в протоколі випробувань. Вимірювальна ділянка шляху не повинна проходити через траншеї, ліс, забудовані площі, мости, віадуки, тунелі й не повинна мати стрілочних переводів. Вимірювальна ділянка шляху по можливості повинна бути прямою, найменший радіус наявних кривих ділянок пови-

нен бути не менше 1000 м. Вимірювальна ділянка шляху по можливості повинна бути горизонтальною, не мати ухилів і підйомів більше 50/00. Вимірювальна ділянка шляху повинна відповідати вимогам, зазначеним у табл. 2.2.

Табл. 2.2 - Вимоги до вимірювальної ділянки шляху

Ширина колії, мм	1435	1520
Маса рейки на одиницю довжини, кг/м, не менш	48	50
Питоме число шпал на 1 км	1600	1840

Конструкція й технічний стан вимірювальної ділянки шляху повинні бути такими, щоб досліджувана одиниця рухомого складу могла рухатися по ній зі швидкістю, що перевищує на 10% її максимально припустиму.

Випробувана одиниця рухомого складу повинна перебувати в стані повної робочої оснащеності й відповідати технічним умовам. Колеса одиниці рухомого складу, що піддається випробуванню, не повинні мати дефектів на поверхні катання (повзунів, наварів, вищербин). При вимірі шуму на причіпній одиниці рухомого складу необхідно звертати особливу увагу на те, щоб вимірюваний шум ви-

ходив тільки від випробуваної одиниці рухомого складу. Для цього, наприклад, між моторним вагоном і випробуваним вагоном повинна бути така відстань, щоб на рівень шуму, вимірюваного в місці установки мікрофона (у випробуваному вагоні), не впливав зовнішній шум тягової одиниці рухомого складу.

Під час випробувань причіпні одиниці не повинні бути завантажені, в них не повинні перебувати пасажери або інші особи, крім персоналу, що робить виміри, чисельність якого повинна бути не більше 2 чоловік. При вимірі шуму тягової одиниці рухомого складу її маса повинна відповідати звичайній службовій масі. Там повинні перебувати тільки персонал, що проводить обслуговування й виміри. Перехідні двері між вагонами, входні двері, двері всередині вагона й вікна повинні бути закриті. Допоміжне устаткування випробуваної одиниці рухомого складу, що під час руху звичайно експлуатується, повинне працювати, якщо воно впливає на рівень шуму в місці установки мікрофона. Виключенням є таке допоміжне устаткування, що працює рідко й короткочасно (менш 1 хв.) і підвищує рівень звуку А менше, ніж на 5 дБА. Вплив цього встаткування на рівень шуму можна не враховувати.

На вимірювальній ділянці шляху рухомий склад, що підлягає випробуванню, повинен рухатися з постійною швидкістю в межах допуску $\pm 5\%$:

- магістральний рухомий склад - 80 км/ч;
- приміський рухомий склад - 60 км/ч.

Крім зазначених вище, виміри здійснюються проводяться при конструкційній (номінальній) швидкості й номінальній потужності одиниці рухомого складу. Якщо номінальна потужність або $2/3$ її не можуть бути досягнуті, то виміри проводять при такій потужності, що може бути досягнуто.

Вимір шуму електричного рухомого складу здійснюють при номінальній напрузі в контактній мережі. При випробуванні електричного рухомого складу все устаткування, що під час стоянки може експлуатуватися, повинне працювати. Допоміжне устаткування повинне працювати при його максимальному навантаженні.

Під час виміру мікрофон не повинен мати механічного зв'язку з випробуваною одиницею рухомого складу. Кріплення мікрофона повинне виготовлятися таким чином, щоб його вісь займала вертикальне положення, а вимірювальна поверхня (мембрана й ґрати) була спрямована вниз.

У кабіні машиніста тягового рухомого складу, а також у причіпних вагонах з постом керування мікрофон варто розташовувати в центрі кабіни по прямій, перпендикулярній до підлоги, на висоті 1,6 м від рівня підлоги. На тягових одиницях з двома кабінами машиніста виміри шуму повинні виконуватися в обох кабінах. Вимір шуму варто проводити в передній кабіні по ходу проїзду.

У салонах пасажирських і моторних вагонів мікрофони повинні бути розміщені в трьох точках по поздовжній осі вагона на висоті 1,2 м від рівня підлоги. З трьох мікрофонів два повинні перебувати над поворотними шворнями, а один розташовуватися по вертикальній прямій, що проходить через геометричний центр вагона.

Під час попередніх або приймальних, кваліфікаційних і типових випробувань при кожному положенні мікрофона й при кожному режимі роботи проводять мінімально три виміри (відліки). Результатом вимірів вважається середнє арифметичне отриманих значень, округлене до найближчого цілого числа децибелів. Якщо між результатами вимірів, виконаних при однакових умовах, є відхилення більше 3 дБ, то виміри повторюють. Тривалість виміру при сталості умов, зазначених вище, повинна становити не менш 10

с. При частотному аналізі результатом виміру в кожній частотній смузі є середнє арифметичне значень трьох вимірів у даній частотній смузі, округлене до найближчого цілого числа децибелів. Результат виміру не враховують, якщо вимірюване значення рівня шуму значно відрізняється від звичайного рівня (наприклад, містить у собі шум, створюваний зустрічним поїздом).

При періодичних випробуваннях проводять тільки один вимір в обраних точках.

Результат вимірів, отриманий під час періодичного випробування, вважається задовільним, якщо відрізняється від результату виміру, отриманого при приймальному випробуванні при однакових умовах, не більше ніж на ± 3 дБ.

2.2.2.2. Вимір зовнішнього шуму рухомого складу

Ділянку шляху для виміру зовнішнього шуму варто вибирати з таким розрахунком, щоб її акустичне навколишнє середовище забезпечувало вільне поширення шуму в межах ± 1 дБ, тобто при подвоєнні відстані від джерела шуму - зменшенні звукового тиску на 6 дБ. Ця умова вважається виконаною, якщо в окрузі радіусом у 50 м немає великих шумовідбиваючих предметів, як наприклад, гребель,

пагорбів, скель, мостів або будинків.

Поблизу мікрофона не повинно бути предметів, що можуть порушити вільне звукове поле. Під час вимірів між мікрофоном і джерелом шуму не допускається присутність людей. Персонал, який виконує виміри, повинен перебувати в місці, де його вплив на результат виміру рівня шуму відповідно до попередніх випробувань непомітний. Простір між мікрофоном і джерелом шуму повинен бути максимально вільним від звуковбирних поверхонь, наприклад, від високої трави, снігу.

Якщо відповідність вимогам вимірювальної ділянки шляху є неоднозначною, її придатність на практиці перевіряється широкосмуговим точковим джерелом звуку. Рівень звукового тиску, створюваного випробуваним джерелом шуму, повинен знижуватися за законом квадратичного зниження, тобто створений рівень тиску звуку повинен знижуватися приблизно на 6 дБ при збільшенні відстані в два рази.

При вимірах необхідно застосовувати вітрозахисний пристрій мікрофона. При швидкості вітру більше 5 м/с вимір зовнішнього шуму не повинен проводитися, особливо коли між мікрофоном і вимірюваною одиницею рухомого

складу є велика відстань. Інші метеорологічні умови (температура, дощ і т.п.) повинні бути такими, щоб не здійснювали значного впливу на вимір.

Під час попередніх або приймальних, кваліфікаційних і типових випробувань рівень звуку A , що виходить від інших засобів транспорту, будинків, вітру, перешкод, повинен бути не меншим ніж на 10 дБА нижче рівня звуку A випробуваної одиниці рухомого складу. При періодичних випробуваннях загальний рівень звуку A перешкод повинен бути не меншим ніж на 3 дБА нижче рівня звуку A , випромінюваного під час роботи або проходження одиниці рухомого складу. Якщо різниця між двома тисками звуку перебуває в межах від 3 до 10 дБ, то варто зробити коригування згідно з табл. 2.1.

Під час випробувань нетягові одиниці рухомого складу повинні бути без навантаження й на них не повинні перебувати пасажери або інші особи. Під час вимірів двері й вікна рухомого складу повинні бути закриті. Виміри проводяться під час руху рухомого складу з постійною швидкістю (див. вище).

Головна вісь мікрофона повинна бути спрямована перпендикулярно до ділянки шляху, де проводиться вимір.

Виміри повинні проводитися при двох положеннях мікрофона - на відстані 7,5 і 25 м від поздовжньої осі вимірювального шляху. Мікрофони повинні бути розташовані на висоті 1,6 м від верхньої поверхні головки рейки. Якщо у верхній частині випробуваної одиниці рухомого складу є значні джерела шуму (наприклад, потужне машинне устаткування), то рекомендується додатково проводити виміри й при розташуванні мікрофона на висоті 3,5 м від верхньої поверхні головки рейки. Якщо рівні звуку А, вимірювані із двох сторін рухомого складу, розрізняються, то за результат виміру приймаються значення, отримані на стороні з більше високими рівнями звуку.

При вимірі шуму під час руху рухомого складу вимірюють і реєструють найбільший рівень звуку А, обмірюваний під час руху випробуваної одиниці рухомого складу. При вимірі в нерухомому стані відраховують середнє арифметичне спостережуваних коливань рівня. Результат виміру не враховують, якщо обмірюване значення рівня шуму відрізняється від звичайного рівня шуму (наприклад, містить в собі шум, створюваний зустрічним поїздом). Під час попередніх або приймальних, кваліфікаційних і типових випробувань при кожному розташуванні мікрофона й

кожному режимі роботи проводять три виміри. Якщо результати трьох вимірів, проведених при однакових умовах, відрізняються більше ніж на 3 дБ, то виміри повторюють. При періодичних випробуваннях проводять тільки один вимір у обраних точках. Результат вимірів, отриманий під час періодичних випробувань, вважається задовільним, якщо він відрізняється від результату виміру, отриманого при приймальному випробуванні при однакових умовах, не більше ніж на ± 3 дБ.

2.2.2.3. Протокол випробувань

Протокол випробувань повинен містити наступні дані:

- вид і ціль випробувань;
- посилання на діючий стандарт;
- найменування заводу-виготовлювача одиниці рухомого складу й дату випуску;
- позначення типу рухомого складу, заводський номер і пробіг;
- найменування заводів-виготовлювачів вимірювальних приладів, позначення типу й заводський номер;
- місце й дату випробувань;
- характеристика ділянки шляху; при випробуваннях

нетипових видів рухомого складу - спеціальні характеристики;

- режим роботи й швидкість руху рухомого складу;
- рівень перешкод;
- метеорологічні умови;
- місце розміщення мікрофона;
- рівень звуку А і рівень звукового тиску частотних смуг;
- наявність тонального або імпульсного шуму;
- коливання напруги в контактному проведенні;
- додаткові виміри;
- назва організації, що виконує виміри, прізвище й посаду особи, що проводить виміри;
- дату складання протоколу випробувань.

2.2.2.4. Додаткові виміри шуму залізничного рухомого складу

Для визначення шуму при проходженні рухомого складу через спеціальні спорудження (наприклад, тунелі, мости, стрілочні переводи, перехрестя, станції) допускається проводити додаткові виміри. Крім випробувань при режимах роботи допоміжного устаткування можуть про-

водитися додаткові виміри при наступних режимах:

- кожен агрегат допоміжного устаткування окремо працює при найбільшому навантаженні;
- кожне допоміжне устаткування працює при середньому або найменшому навантаженні.

Можуть додатково проводитися виміри при розташуванні мікрофона на висоті 1,2 м від рівня підлоги й на відстані 0,2 м від голови машиніста вбік середини кабіни машиніста.

Тяговий рухомий склад випробують:

- при максимальному режимі роботи;
- при експлуатаційному, тобто нормальному гальмуванні з найбільшою швидкістю до повної зупинки.

2.2.2.5. Додаткові виміри при вимірі зовнішнього шуму залізничного рухомого складу на стоянці

Мікрофон розташовують на відстані 7,5 м від поздовжньої осі шляху. Отримана в такий спосіб відстань між боком вагону й мікрофоном повинна дотримуватися навколо всього вагона відповідно. Відстань між мікрофонами, розташованими паралельно боку рухомого складу, повинна бути від 3 до 5 м. Передбачають на обох сторонах по три

положення для мікрофона. Задля одиниць рухомого складу, довжина яких перевищує 20 м, паралельно боку передбачають більше шести положень для мікрофона. Серед положень мікрофона повинні бути такі, які перебувають у площинах, перпендикулярних боку кузова рухомого складу й таких, що проходять через кабіну машиніста й через двигун. Мікрофони розташовують на висоті 1,6 м над верхньою поверхнею головки рейки. Додаткове положення мікрофона на висоті 3,5 м від головки рейки рекомендується в тому випадку, коли у верхній частині випробуваного рухомого складу перебувають значні джерела шуму. В усіх положеннях мікрофон орієнтується перпендикулярно до поверхні кузова одиниці рухомого складу.

Для визначення шуму установки вентиляції і кондиціонування повітря, рекомендують наступні точки розташування мікрофона: на прямій, що утворює кут 30° з напрямком потоку; на відстані 1 м від краю всмоктувального або вихлопного патрубку і якнайдалі від поверхонь, що відбивають. Випробування може відбуватися для виміру шуму, випромінюваного рухомим складом під час рушання з місця. При цьому вимірювальний мікрофон розташовують на відстані 7,5 м від поздовжньої осі шляху, на висоті 1,6 м

від верхньої поверхні головки рейки таким чином, щоб вимірялися максимальний і характерний звуковий тиск, а також частотний спектр шуму. Додатковий вимір шуму на станційних площадках і місцях зупинки виконують для визначення шуму на посадкових площадках станцій і зупинок, створюваного проїжджаючими й від'їжджаючими поїздами. Мікрофон розташовують на посадковій площадці на відстані 3 м від осі найближчого шляху, на висоті 1,6 м від рівня площадки в точках, де необхідно визначити рівень шуму. Ці точки звичайно перебувають посередині відстані від переднього до заднього кінців поїзда, уздовж бічної сторони. Мікрофон орієнтують перпендикулярно шляху. Подальші виміри можна здійснювати також на сусідніх площадках. Результатом виміру вважається найбільший отриманий рівень звуку А.

При вимірі на підземних станціях до протоколу випробування прикладають креслення поперечного перерізу.

Виміри також проводять при розгоні й гальмуванні одиниці рухомого складу з нормованими прискореннями. Режим управління під час випробувань у міру можливості підтримується на постійному рівні.

2.2.2.6. Додаткові виміри на мостах і в тунелях

Мікрофон розташовують на висоті 1,6 м від верхньої поверхні головки рейок, на відстані 7,5 м від поздовжньої осі шляху на мостах і віадукках, і по можливості на відстані 3 м - у тунелях. При вимірі шуму на мостах рекомендується додатково розташовувати мікрофон на відстані 25 м, але бажано й на відстані 50 і 100 м від осі вимірювальної ділянки шляху, на висоті 3,5 м від верхньої поверхні рейок.

2.2.3. Визначення гучності автомобілів

При русі автомобіля джерелами шуму є двигун, трансмісія, підвіска, шини й панелі кузова. Шум виникає також від потоків повітря, що обтікають кузов. Випуску кожної нової моделі автомобіля обов'язково передують випробування, в яких визначають характеристики зовнішнього і внутрішнього шуму на різних режимах роботи. Метою таких випробувань, є перевірка відповідності виникаючого при русі автомобіля шуму діючим нормам за гучністю.

Методика проведення доводочних, приймальних і контрольних випробувань автомобілів за рівнями зовнішнього й внутрішнього шумів регламентована державними стандартами. Звичайно при таких випробуваннях досліджу-

ють не менше двох автомобілів однієї моделі, які повинні бути технічно справними. Зношування протектора шин не повинен перевищувати 30%, тиск у шинах повинний відповідати тиску, зазначеному в інструкції підприємства-виготовлювача. При вимірі внутрішнього шуму всі вікна автомобіля повинні бути закриті, а кліматичні й вентиляційні установки включені.

В автомобілі, випробовуваному без навантаження, дозволяється перебувати водієві й одному-двом випробувачам. Випробування проводять на горизонтальній (ухил не більше 1%) ділянці дороги з асфальто- або цементобетонним покриттям довжиною 1-1,5 км, розташованим поза зоною сильних магнітних і електростатичних полів. Рівень звуку від сторонніх джерел повинен бути нижче рівня, створюваного випробовуваним автомобілем, не менше ніж на 10 дБ. Поверхню ділянки необхідно очистити від піску, гравію, бруду й снігу. Найбільш придатним для проведення випробувань є місце, в радіусі 50 м від якого немає будинків, споруд та інших об'єктів, що випромінюють або відбивають звук. Виміри при вітрі більше 5 м/с, а також під час дощу й грози не проводять.

Для вимірів рівня шуму застосовують прецизійні шумоміри. За частотною характеристикою шумоміра вимірюють рівні звуку, а за характеристикою С -рівень звукового тиску (у дБ)

$$L = 20 \lg p/p_0,$$

де p - середньоквадратичне значення звукового тиску в точці виміру, Па; $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па - гранична величина звукового тиску.

При вимірах зовнішнього шуму ділянку дороги довжиною 20 м розмічають відповідно до схеми, наведеної на рис. 2.3.

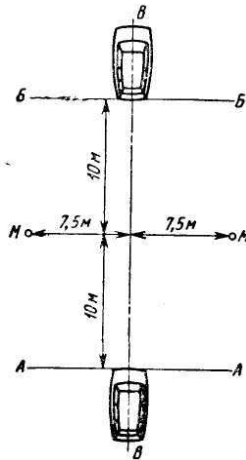


Рис. 2.3 - Схема розмітки ділянки дороги при вимірі зовнішнього шуму

Лінії АА і ББ обмежують вимірювальну ділянку, лінія ВВ є осью руху автомобіля. В точках М установлені мікрофони шумоміра на висоті 1,2 м від рівня дороги.

Автомобілі з механічною коробкою передач повинні наближатися до вимірювальної ділянки на другій передачі, якщо в коробці менше чотирьох передач, або на третій, якщо в коробці більше чотирьох передач. Швидкість руху автомобіля повинна бути найменшою з перерахованих нижче:

- відповідної $3/4$ номінальної частоти обертання двигуна;
- відповідної $3/4$ максимальної частоти обертання двигуна за регулятором;
- 50 км/ч.

Автомобілі з автоматичною коробкою передач повинні наближатися до початку ділянки з найменшою з наступних швидкостей:

- відповідної $3/4$ максимальної швидкості автомобіля;
- 50 км/ч.

Рух автомобіля на вимірювальній ділянці в прямому і зворотному напрямках роблять з інтенсивним розгоном. У

момент перетинання лінії АА (ББ) різко натискають до упору педаль управління дросельною заслінкою, що відпускають тільки наприкінці ділянки. Виміри роблять з кожної сторони автомобіля не менше трьох разів. При вимірі рівня звуку (характеристика А) реєструють максимальні показання шумоміра. Для одержання спектра зовнішнього шуму послідовно вимірюють звуковий тиск (характеристика С) у кожній октавній смузі 31,5-63-125-250-500-1000-2000-4000-8000 Гц і будують графіки середніх арифметичних рівнів звукового тиску в октавних смугах.

При вимірах внутрішнього шуму мікрофон установлюють у точках, розташованих у осевій площині автомобіля на висоті 0,6 м від середини сидіння. Число вимірів (від одного до трьох) залежить від числа рядів сидінь у автомобілі. Якщо кабіна водія ізолювана, то виміри проводять також біля сидіння водія. Випробування здійснюють при інтенсивному розгоні автомобіля відповідно до описаної вище методики.

В експериментально-дослідницьких роботах якість шумоізоляції кузова й кабіни можна оцінити методом порівняння частотних спектрів шуму двигуна (головного джерела шуму) й шуму в салоні. Для одержання таких спе-

ктрограм при роботі двигуна на різних режимах мікрофон шумоміра встановлюють по черзі в моторному відсіку на відстані 0,2-0,3 м від двигуна, в кабіні на рівні голови водія. Для одержання таких оцінок застосовують і безмоторну електроакустичну установку, можливу схему якої показано на рис. 2.4.

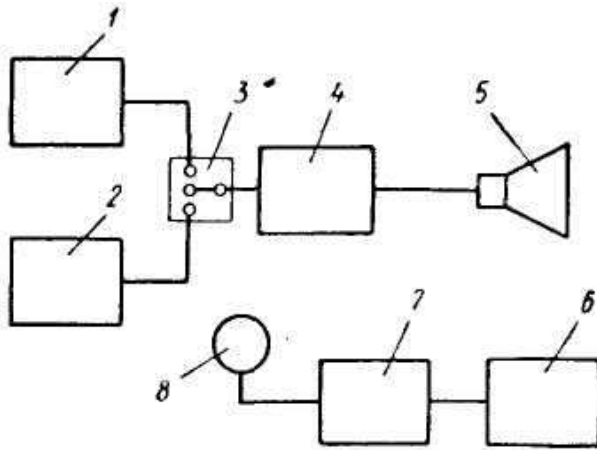


Рис. 2.4 - Схема безмоторної електроакустичної установки для досліджень звукоізоляції кузова й кабіни: 1 - звуковий генератор; 2 - магнітограф; 3 - передавальний пристрій; 4 - підсилювач; 5 - гучномовець; 6 - аналізатор; 7 - шумомір; 8 - мікрофон.

За допомогою цієї установки можна оцінити ефективність шумоізоляції двома методами: частотно-

модульованого тону й магнітного запису рівня шуму двигуна.

При використанні методу частотно-модульованого тону на вхід гучномовця 5, встановленого під капотом двигуна, від звукового генератора 1 подаються сигнали заданого рівня, які попередньо підсилюються підсилювачем 4. Одночасно шумомір 7 вимірює рівень шуму під капотом двигуна й у салоні автомобіля на робочому місці водія. За різницю звукового тиску, обмірюваного під капотом і в кабіні автомобіля, визначають рівень зменшення шуму для всього досліджуваного діапазону частот (звичайно 25-8000 Гц) і будують частотну характеристику глушіння. За характеристикою глушіння можна об'єктивно оцінити ізолюючі властивості різних матеріалів.

У випадку застосування іншого методу безмоторних акустичних досліджень попередньо записують рівень шуму двигуна, що працює на різних швидкісних і навантажувальних режимах, через пристрій 3 на плівку магнітографа 2. Відтворений за допомогою магнітографа й посилений підсилювачем 4 шум подається на вхід гучномовця 5, встановленого під капотом досліджуваного автомобіля. За допомогою мікрофона 8, шумоміра 7 й аналізатора 6 ре-

еструються рівні й частотні спектри шуму у відсіку двигуна й у кабіні автомобіля. Як й у першому випадку, за різницею рівнів частотних складових спектра відтвореного шуму двигуна й шуму на робочому місці водія будують частотну характеристику глушіння.

При несучому кузові, як правило, ускладнюються завдання надійної звукоізоляції пасажирського салону. Тому випробування на гучність таких конструкцій проводять особливо ретельно в умовах, що найбільш повно відбивають можливі швидкісні й навантажувальні режими роботи двигуна й автомобіля.

2.3. Прилади для вимірювання шуму

Прилади для вимірювання шуму - шумоміри [28] - складаються, як правило, з датчика (мікрофону), підсилювача, частотних фільтрів (аналізатора частоти), приладу, що реєструє (самописця або магнітофона) й індикатора, що показує рівень вимірюваної величини в дБ. За точністю шумоміри поділяються на чотири класи 0, 1, 2 і 3. Шумоміри класу 0 використовують як зразкові засоби вимірювання; прилади класу 1 - для лабораторних і натурних вимірювань (рис. 2.5); 2 - для технічних вимірювань (рис.

2.6); 3 - для орієнтовних вимірювань шуму (рис. 2.7). Кожному класу приладів відповідає діапазон вимірювань за частотою: шумоміри класів 0 і 1 розраховані на діапазон частот від 20 Гц до 18 кГц, класу 2 - від 20 Гц до 8 кГц, класу 3 - від 31,5 Гц до 8 кГц. Для вимірювання рівня шуму при усередненні за тривалий період часу застосовують інтегруючі шумоміри. Прилади для вимірювання шуму будуються на основі частотних аналізаторів, що складаються з набору смугових фільтрів і приладів, що показують рівень звукового тиску в певній смузі частот.



Рис. 2.5 – Шумомір класу 1



Рис. 2.6 – Шумомір класу 2



Рис. 2.7 – Шумомір класу 3

Докладно про акустичні виміри можна дізнатися, наприклад, у [29 - 31], а про вимірювальну апаратуру для них – у [32, 33].

2.4. Методи боротьби з шумом

Ще в Древньому Римі діяли правила, що забороняли пересуватися вночі на бойових колісницях, щоб не турбувати сон городян. А в Середньовіччі в багатьох містах Європи в темний час доби не дозволяли виїжджати в кареті або верхом.

Сьогодні питання стоїть набагато гостріше. Адже джерел шуму стало набагато більше, особливо в мегаполісах [34]. Наприклад, у Європі шумові забруднення прирівнюють до інших головних екологічних проблем: викидів шкідливих речовин, вирубка лісів або переробки сміття.

У середині жовтня 2009 року в країнах Європейського Союзу проводиться тиждень боротьби з шумом. У європейських країнах на нього витрачається близько 1% ВВП.

Фахівці вважають, що шум є одним з найбільш серйозних екологічних забруднень сучасних міст. Президент Східно-Європейської асоціації акустиків указує, що збільшення шуму на 10 децибел призводить до зростання загальних захворювань на 20-30 відсотків, а серцевих і нервових захворюваннях - у 1,5-2 рази.

У випадку, якщо результати акустичних вимірів сигналізують про занадто високі й перевищуючі припустиму межу рівні шуму, необхідно приймати всі відповідні заходи для їхнього зниження. Хоча методи й засоби боротьби із шумом часто складні, нижче коротко описано відповідні основні заходи.

1. Зменшення шуму в його джерелі, наприклад, застосуванням спеціальних технологічних процесів, модифікацією конструкції устаткування, додатковою акустичною обробкою деталей, вузлів і поверхонь устаткування або застосуванням нового й менш гучного встаткування.

2. Блокування шляхів поширення звукових хвиль. Цей метод ґрунтується на застосуванні додаткових технічних засобів і полягає в постачанні устаткування звуконепропущим покриттям або акустичними екранами і його підвіскою на амортизаторах вібрацій. Шум на робочих місцях можна зменшувати покриттям стін, стелі й підлоги матеріалами, що поглинають звук і зменшують відбиття звукових хвиль.

3. Застосування засобів індивідуального захисту - там, де інші методи з тієї чи іншої причини не ефективні.

Однак застосування цих засобів потрібно вважати тільки тимчасовим вирішенням проблеми.

4. Припинення експлуатації джерел шуму є самим радикальним методом, прийнятим до уваги в спеціальних і серйозних випадках. На даному місці потрібно підкреслити можливість скорочення часу експлуатації джерел шуму, переміщення їх в інше місце, вибору раціонального режиму праці й відпочинку й скорочення часу знаходження в гучних умовах і т.д.

2.5. Карта шуму та інші способи розробки заходів захисту від шумового забруднення

2.5.1. Картографування шумового режиму. Основне призначення і вміст карти шуму міста

Сучасний населений пункт утворює складний комплекс джерел шуму, різноманітних не тільки за амплітудно-частотними й тимчасовими характеристиками, але й за геометричними розмірами, конфігурацією й просторовим розташуванням [35], а середовище поширення шуму вносить свої корективи в характер акустичних процесів і перераховані вище обставини дуже ускладнюють боротьбу з шумом [36, 37, 38].

Ефективні методи управління містобудівельними процесами, функціонування та їх розвитку можуть бути орієнтовані на використання засобів системного аналізу. При їх застосуванні традиційний містобудівельний проект — генеральний план, схема й проект районного планування повинні розглядатися як програмно-цільова модель соціально-екологічної системи, визначеної комплексом конкретних природно-кліматичних, економічних і інших умов [39, 40]. Така модель повинна відбивати народногосподарську мету суспільства, бути орієнтованою на реалізацію планів економічного й соціального розвитку в нових умовах на шляху державної незалежності й радикальних перетворень. У ній обов'язково повинні бути враховані параметри шумового забруднення навколишнього середовища [41, 42]!

Передбачити вплив майбутніх джерел шуму, шумовий режим житлової забудови й розробити конкретні рекомендації в цій області — одне з головних завдань, що постають перед містобудівниками в проектній практиці [43].

Проектувальнику, визначаючи характер забудови мікрорайонів і житлових районів міста, доводиться враховувати багато факторів для того, щоб створити всі необхідні

умови для проживання, відпочинку, обслуговування населення.

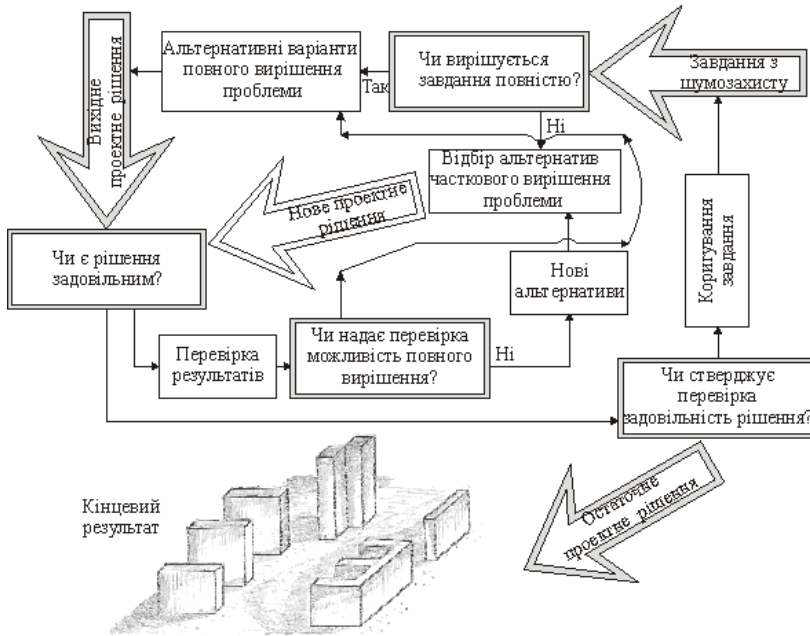


Рис. 2.8 - Методична блок-схема послідовності етапів вирішення й розробки шумозахисту від цільового завдання до проектного рішення

Однак проектувальники часто приймають рішення інтуїтивно, без належного обґрунтування; підкоряють їх композиційному задуму, прагнуть зробити „картинку”, (тобто «виграшне» розгорнення) по магістральній вулиці,

красиву перспективу. Хоча питання композиції, дизайну, естетики мають велике значення, вони не повинні відволікати архітектора, планувальника від завдань оптимізації зовнішнього середовища (в т.ч. і від боротьби з чинником шуму). Рішення як тих, так і інших питань повинні доповнювати одне одного. Неоптимальні, неприйнятні населенню містобудівні рішення завдань з захисту мікрорайонів зустрічаються на практиці тому, що проектувальники фактично не мають ефективних методик прогнозування й оцінки шумового режиму в житловій забудові, а також розробки й оцінки ефективності різних містобудівних заходів щодо зниження шуму.

Розробляючи генеральний план населеного пункту, містобудівник намічає розташування основних районів міста й транспортних зв'язків між ними, тобто одразу виділяє місце розташування основних джерел шуму в місті: зовнішнього і внутрішнього транспорту, промислових і комунально-складських зон. Для того, щоб максимально використовувати на цій стадії можливі заходи для шумозахисту, необхідна карта (схема) основних джерел міського шуму, виконана в масштабі генерального плану міста. Вона є основою для регулювання шумового режиму на селитьбі міс-

та, основою для розробки комплексних містобудівних заходів для захисту житлової забудови від шуму.

2.5.2. Методологічна основа складання карти шуму м. Харкова

Шум, створюваний транспортними засобами на магістральних вулицях і дорогах міст, є одним з основних техногенних факторів навколишнього середовища, що здійснюють несприятливий вплив на населення. Заходи щодо захисту від шуму, у силу найширшого поширення зон впливу даного фактора на території будь-якого сучасного міста, є невід'ємною частиною діяльності по забезпеченню комфортних і безпечних умов проживання його жителів.

Однак для того, щоб боротися із шумом, планувати й здійснювати які-небудь шумозахисні заходи, необхідно мати картину його поширення в міській забудові. Таким чином, виникає необхідність у картографуванні шумового режиму.

Згідно [60]: «...*Карты шума улично-дорожной сети составляют на текущий период, расчетные и перспективные сроки и должны входить в состав проектной*

документации при разработке технико-экономических основ развития города, генерального плана города, проектов детальной планировки его районов и схем санитарно-гигиенической оценки существующего и прогнозируемого состояния окружающей среды. Карты шума служат основой для оценки существующего и прогнозируемого шумового режима на улицах и дорогах и примагистральных территориях города, а также для разработки организационно-административных, архитектурно-планировочных и строительно-акустических мероприятий по снижению транспортного шума. Карты шума разрабатываются в соответствии с заданием главного архитектора города и должны согласовываться органами санитарного надзора и утверждаться горисполкомами...»

Карта шуму міста — це великий розділ генерального плану, що фіксує сучасний чи майбутній стан шумового режиму в місті, рекомендує як загальні, так і конкретні шляхи досягнення нормативного рівня.

Слід помітити також, що в сучасних містах одним з основних і найбільш істотних джерел шуму є транспорт, що рухається по вулицях [61, 62]. Отже, у першу чергу,

карти шуму повинні бути прив'язані до транспортних магістралей. Варто врахувати, що під поняттям «транспортні магістралі», (крім автомобільних), можуть матися на увазі також траси авіаційних польотів над селитьбою зоною міста (літаки – наймогутніше джерело аеродинамічного шуму). Також, але в набагато меншому ступені, на формування карт шуму впливають промислові зони міста, і інші джерела.

Як же побудувати вищевказану «карту шуму»?

Для дослідження формування й поширення транспортного шуму все більше визнання одержують методи фізичного, аналогового й математичного моделювання [63, 64, 65]. Під моделлю в цьому випадку розуміється така система, що уявляється подумки або матеріально реалізована, - котра, відображаючи або відтворюючи об'єкт дослідження, здатна заміщати його так, що її вивчення подає нову інформацію про цей об'єкт.

Фізичне моделювання застосовується для визначення зниження шуму при його поширенні від джерела шуму (що імітує транспортний потік) у складній композиції перешкод (міська забудова) і в умовах, коли традиційні методи розрахунку мало застосовні. Поширення шуму в

цьому випадку вивчають не в натурі, а на моделі меншого масштабу на акустичних полігонах. Аналогове моделювання порівняно непогано розглянуте в роботах [64, 65], повторювати положення яких ми тут не станемо. Області застосування фізичного й аналогового моделювання щонайкраще описані в роботі [66].

Математичне моделювання з використанням натурних досліджень зміни рівнів звуку автомобілів у різних дорожніх умовах, характеру поширення шуму від одиночних автомобілів, отриманих на основі натурних вимірів або на фізичних моделях, положень теорії транспортних потоків, дозволяє досліджувати характеристики транспортного шуму і його поширення в реальних дорожніх умовах.

Детерміністична модель - це аналітичне подання закономірності, системи або операції, при якому для даної безлічі входних значень може бути отриманий на виході тільки один результат. Основні передумови створення детерміністичної моделі транспортного шуму можна сформулювати в наступному вигляді:

1) всі автомобілі являють собою точкові джерела шуму з розташуванням центра сфери на осі смуги руху й піковим рівнем звуку на відстані 7,5 м, рівному L_o ;

2) інтервали між автомобілями дорівнюють середньому інтервалу між автомобілями в транспортному потоці, виходячи із завантаження смуги руху;

3) швидкість руху всіх автомобілів постійна й дорівнює середньої швидкості руху транспортного потоку.

Для випромінювача шуму - матеріальної точки, що імітує автомобіль, можна скористатися формулою поширення шуму звуку в сферичному півпросторі від точкового джерела:

$$L_{ot} = L_o - 20K_n \lg(r_t / 7.5)$$

де L_o — піковий рівень звуку автомобіля на відстані 7,5 м від осі смуги руху, дБА; K_n - коефіцієнт, що враховує зниження шуму поверхневим покриттям (при поширенні шуму над ґрунтом $K_n=1$); r_t - відстань від автомобіля до точки розрахунку в довільний момент часу, м.

Оскільки одержати аналітичне рішення формування характеристик транспортного шуму у вигляді єдиного

рівняння для всіх характеристик транспортного потоку й дорожніх умов не вдається, а спрощення завдання приводить до неприпустимо грубих результатів, від аналітичного дослідження кількісних характеристик формування транспортного шуму доводиться відмовлятися й переходити до інших способами з використанням математичної моделі.

При побудові імітаційної моделі формування транспортного шуму модель повинна бути як можна більше гнучкою, і без значних додаткових змін добре описувати будь-які дорожні умови (продовження шляху в плані й подовжньому профілі, зміну типу дорожнього покриття й характеру поширення шуму), а також відповідати основним закономірностям руху транспортних потоків (розподіл автомобілів по смугах руху), функції розподілу інтервалів і швидкостей руху автомобілів.

Потік автомобілів і комплекс умов, у яких він рухається, являє собою типовий приклад складної системи, що характеризується: наявністю великого числа взаємозалежних і взаємодіючих між собою елементів; складністю функції, виконуваною системою; можливістю розбивки системи на підсистеми; наявністю керу-

вання; наявністю взаємодії із зовнішнім середовищем і функціонування в умовах впливу випадкових факторів.

Типовим методом дослідження складних систем є їхнє моделювання на ЕОМ з використанням імітаційних моделей.

Імітаційна модель - формалізований опис в ЕОМ досліджуваного явища у всій його повноті й на грані нашого розуміння.

Розрахунковими характеристиками руху й складу транспортного потоку на ділянці вулиці або дороги варто вважати середні арифметичні значення інтенсивності, середньозваженої швидкості руху транспортного потоку й частки числа транспортних засобів по видах, розраховані за результатами не менш трьох серій вимірів.

Крім змістовної сторони методології складання карт шуму варто сказати також і про її формальну сторону.

Як у свій час вказувалося в [60]: *«Карты шума улично-дорожной сети города на расчетные и перспективные сроки разрабатываются расчетными методами...*

...Карту шума на стадии генерального плана рекомендуется составлять на копии основного чертежа генерального плана города, на которой должны быть нанесе-

ны следующие данные: трассировка улично-дорожной сети, транспортные узлы, характеристика движения и состава транспортных потоков (интенсивность движения в обоих направлениях, доля числа грузовых и общественных транспортных средств в общем числе транспортных средств в потоке, средняя скорость движения) на каждом участке улиц и дорог в часы пик средних суток недели летнего периода года, значения продольных уклонов проезжей части на каждом участке улиц и дорог, границы функциональных зон, районов и территорий города.

Характеристики движения и состава транспортных потоков следует определять по картограммам автомобильных потоков, а значение продольных уклонов проезжей части улиц и дорог на основании плана красных линий...»

У цей час це робиться приблизно так само (у змістовному плані), однак рутинна робота з паперовими копіями документів уже не виробляється. На зміну застарілим технологіям прийшли нові, засновані на використанні засобів і методів ГІС та високих комп'ютерних технологій.

Що вони дозволяють в плані картографування шумового режиму, наочно показано далі.

2.5.3. Складові частини й побудова карти шуму міста

Основою генерального плану й карти шуму міста є система міських вулиць і доріг. Розробку схеми розташування джерел шуму міста починають зі збору відомостей, що дозволяють дати характеристику джерел у місті, виявлення так званих «полюсів» шуму. Вони повинні включати матеріали, зазначені в [37, с. 54- 55].

Акустичні характеристики шуму джерел існуючого міста одержують в основному шляхом натурних вимірів. Унаслідок величезної трудомісткості (практичної неможливості) зробити виміри в усіх необхідних контрольних точках (їхнє число може визначатися десятками, сотнями тисяч!) застосовують розрахунковий метод. Отримані дані, що характеризують основні джерела шуму міста, дозволяють скласти карту джерел міського шуму. На карту наносять в умовних позначеннях основні джерела і вказують їхні еквівалентні рівні шуму в дБА. Масштаб такої карти залежить від величини міста (1:10000 чи 25000). Для малих міст і селищ застосовуються більш великі масштаби (1 : 5000).

До складу карти шуму міста входить схема територій і об'єктів, що вимагають особливих умов акустичного комфорту (лікарні, санаторії, пансіонати, зоопарки, парки, НДІ, вузи та ін.). Ці території потрібно наносити безпосередньо на схему основних зовнішніх джерел шуму. Маючи схему зовнішніх джерел шуму міста й об'єкти захисту від нього (території мікрорайонів, лікарень; НДІ, парків та ін.), можна більш раціонально й чітко, з урахуванням соціально-економічних завдань, вирішити планувальну структуру міста. Взаємне раціональне розміщення основних функціональних зон міста дозволяє значно послабити чи повністю ліквідувати вплив багатьох джерел шуму — аеродромів, промислових і комунальних підприємств та ін. Необхідно передбачити виділення гучних об'єктів у спеціальні зони і їхню ізоляцію від території селитьби за допомогою санітарно-захисних зон.

Остаточне уявлення про шумовий режим дають карти шуму житлових мікрорайонів і житлових районів. Розрахункові (еквівалентні) рівні звуку для їхньої побудови беруть зі схеми джерел шуму міста. Карта шуму житлового району включає:

- уточнену схему джерел шуму зі вказівкою розраху-

нкових рівнів шуму;

- карти шуму мікрорайонів та інших територій, що входять до складу житлового району;
- карту акустичного дискомфорту житлового району;
- основні містобудівні шляхи зниження шуму до нормативного рівня.

Карта джерел шуму на території житлового району являє собою не що інше, як викопіювання з карти міста в більш великому масштабі (1:2000), остаточно скориговане й уточнене відповідно до проекту детального планування житлового району. На цій стадії приймають принципові рішення поперечних профілів вулиць і доріг, розміщення споруд, що екранують, будинків - екранів житлового і нежитлового призначення, озеленення. Для існуючого міста карти шуму мікрорайонів дозволяють судити про існуючий шумовий режим у житловій забудові, про зони акустичного дискомфорту, про необхідність застосування заходів для зниження шуму і їхньої ефективності, про правильність розміщення майданчиків відпочинку на території мікрорайонів, стоянках і т.д. Для знову проєктованого міста і житлового району карти шуму мікрорайонів особливо є дорогими при зіставленні різних варіантів забудови, виборі оп-

тимального (за шумовим режимом) рішення і т.д. Карта шуму мікрорайону є фактичним документом, що характеризує шумовий режим по периметру будинків.

Таким чином, згідно з вимогами до сучасної проектної документації, що регламентує генеральний план перспективного розвитку міста, (і його окремих складових частин), до її складу повинні входити наступні основні «акустичні» документи:

- 1) карта джерел шуму міста (масштаб 1:25000);
- 2) карта джерел шуму мікрорайонів (масштаб 1:2000);
- 3) карта шумового режиму територій, що вимагають особливих умов акустичного благоустрою (масштаб 1:1000);
- 4) карта зон акустичного дискомфорту житлових районів (масштаб 1:2000);
- 5) карта зон акустичного дискомфорту території міста (масштаб 1 : 25000);
- 6) пояснювальна записка з повними акустичними розрахунками, характеристикою найбільш гучних об'єктів і техніко-економічним обґрунтуванням вибору містобудівних рішень, спрямованих на забезпечення акустичного комфорту.

Безумовно, розробка карти шуму міста — процес творчий. Тому згодом обов'язково виникають доповнення, зміни, спрямовані на поліпшення й оптимізацію цього процесу, на досягнення найбільшого ефекту в захисті житлової забудови від міського шуму [44].

2.5.4. Карти шуму в європейських містах

Призначення карти шуму:

1) Вона дозволяє визначати місця, непридатні для нормального життя. Будь-який бажаючий може звіритися з нею, наприклад, перед купівлею або побудовою житла. Поблизу особливо «небезпечних» місць зведення житла взагалі може бути заборонено.

Наприклад, такий закон вже діє в Латвії. Місцеве самоврядування без усяких директив вирішило скласти карту шумів доріг і заборонило будувати будинки і рубати дерева біля них (природній шумовий заслін).

2) Карта допоможе планувати міський розвиток у подальшому.

3) Вона повинна допомогти усунути проблеми й зменшити дискомфорт людей, які проживають поблизу особливо гучних зон.

Першими задумалися про створення подібної карти в Іспанії в 1979 році.

Сьогодні станції моніторингу шуму діють у всій Європі та Америці.

У багатьох європейських містах створення таких карт обходилося в мільйони: спеціальні пересувні станції заміряли реальний рівень шуму протягом усього року. В Латвії на створення шумової карти виділено 170 тисяч латів (приблизно 2,5 млн. гривень), тому будуть враховуватися лише інтенсивність руху й типи транспорту, що курсує. А, наприклад, гуркіт нічних клубів і дискотек до уваги не береться.

У Ризі ситуація з шумом може кардинально змінитися. Триває розробка шумової карти Риги й Ризького району. Окремо вже досліджені околиці аеропорту «Рига» (отримані дані іноді використовують при видачі дозволів на будівництво).

Тривимірна карта допоможе визначити особливо гучні райони столиці й околиць. Дослідження проводяться поблизу автомагістралей, підприємств, житлових будинків, шкіл, лікарень і місць відпочинку.

Мадрид з його трьома мільйонами жителів і 2500 км вулиць є чудовим прикладом того, що може бути зроблено для покращення людського комфорту, пов'язаного з міським шумом. Мадридський Муніципалітет давно вже працює над екологічним аналізом і методами боротьби з шумом і іншими забруднювачами. Правильна оцінка існуючої ситуації - це ключовий крок до оптимізації планів дії для виконання директиви ЄС з шуму й покращення якості життя. Екологічна Адміністрація Мадрида володіє мережею автономних терміналів (більше 30 постійних і 16 портативних) для шумового моніторингу міста, "зеленим патрулем" для гарантії виконання директиви й сучасною лабораторією, здатною здійснювати тестування для всіх типів дорожніх транспортних засобів. У результаті було зібрано даних більше ніж за 30 років. Остання шумова карта Мадрида була заснована на вимірах, виконаних Національним Науково-дослідним Інститутом Акустика в 4395 пунктах.

З новими технологіями в галузі комунікацій і високою швидкістю обчислень, можна створювати шумові карти в реальному масштабі часу. Співвідношенні з географічним місцем розташування, вимірювання збираються з мобіль-

них станцій і за допомогою програмного забезпечення для шумового моніторингу зберігаються (локальне калібрування). Завдяки такому способу, підсумкова карта буде відповідати фактичній ситуації. В залежності від складності області, дані про яку наносяться на карту, обчислення по секції міста можуть тривати лише кілька годин. Наприклад, щодня обмірювані рівні шуму навколо дорожньої інфраструктури можна використовувати для того, щоб показувати щоденні карти зміни шумових контурів у цій галузі.

Ключовим пунктом проекту є взаємозалежність між результатами вимірювань і розрахунків, щоб забезпечити вихідні дані високої якості. Це дозволить Мадриду ефективно покращувати достовірність і якість шумових карт, стратегічно важливих для формування плану дій, потрібних директиві Європейського Союзу з шуму. Тим самим, завдяки динамічному моніторингу, Мадрид зможе поліпшити якість життя своїх мешканців і гостей міста.

Створення шумових карт не примха - це обов'язкова умова країн, які входять до ЄС. Картографованими повинні бути всі міста з населенням більше 250 тисяч чоловік. На другому етапі - з населенням понад 100 тисяч чоловік.

Отримані дані потрібно надсилати в Брюссель разом з детальним планом щодо зменшення шуму в тих районах, де були порушені норми.

Місцеві фахівці вважають, що близько деяких магістралей і залізних доріг норми перевищені вдвічі-втричі.

Виправляти ситуацію - справа клопітка й дорога. Від установки шумозахисних екранів до повної заміни громадського транспорту. В будь-якому разі, без залучення єврофондів тут не обійтися.

З шумом у Росії борються відносно недавно. Є кілька способів, як технічних, так і організаційних, юридичних, які дозволяють знизити рівень шуму в містах. Перший спосіб відомий давно - зелені насадження вздовж автомобільних доріг. Дерева й чагарники дуже добре поглинають звукові хвилі, тому тут міркувати не варто. В Москві, наприклад, уздовж гучних автомагістралей ставлять звукоізоляційні щити або екрани зі спеціальних матеріалів, що мають відбивну або поглинаючу здатність. Вони захищають прилеглі житлові споруди і самих людей від надмірного шумового перевантаження. До речі, шумоізолюючими матеріалами можна покрити навіть житлові багатоквартирні будинки - в квартиру буде надходити менше звуків ззо-

вні, хоча, звичайно, «слабкою ланкою» залишаються вікна - їх покрити таким матеріалом просто не можна. Є і юридична сторона питання, тобто закони або заходи при проходженні автомобільним транспортом техоглядів. При нормальній роботі станцій, де проходять техогляд автомобілі, взагалі деяким машинам потрібно забороняти їздити вулицями до повного усунення несправностей в системі шумоглушіння, бо вони являють собою самий справжній «генератор надмірного шуму». Крім того, забороняти користуватися в нічний час звуковими сигналами й нестандартними для автомобіля клаксонами, обмежити використання спецсигналів та ін

У 2006 році була розроблена унікальна карта шуму Петербурга, аналогів якої в Росії немає. Раніше такі карти мали тільки самі відомі міста - Париж і Лондон, причому їх інтернет-версія відкрита для вільного доступу, й кожна людина може ознайомитися з акустичними характеристиками навколо будь-якої будівлі.

Шумова карта Петербурга поки перебуває під грифом «для службового користування», але між тим, вона повинна бути основою для прийняття рішень з проведення шумозахисних заходів, а не бути «річчю в собі».

Для зниження шуму від автотранспорту вчені рекомендують, зокрема, зміну швидкості руху, застосування малошумного дорожнього полотна. Для нейтралізації трамваїв - реконструкцію шляхів і використання безшумного рухомого складу, скління будинків (по 28 дорогам), озеленення (55,3 га).

У Петербурзі заходи з шумозахисту складають 20% витрат на будівництво доріг. Однак, за розрахунками фахівців це обходиться в 1-2% вартості будівництва. На їхню думку, ці заходи мають стати обов'язковими й закладатися в кошторис розвитку доріг.

Порівняльний аналіз показав, що Петербург, будучи четвертим містом Європи за рівнем промислового виробництва, займає восьме місце серед найтихіших великих міст. Так, середній рівень шуму в місті на Неві складає 66 дБА, в Лондоні (самого тихому мегаполісі) - 57, у Парижі - 61.

Вчені вважають, що в Петербурзі необхідно розробити нормативну документацію, що дозволяє об'єктивно оцінити рівень шуму - офіційні дані в Росії істотно занижені. Вони також звертають увагу на те, що ні шум, ні вібрація, ні ультразвук не входять до звітної документації чиновни-

ків, а значить, економічних стимулів для дотримання «тиші й спокою» немає. Обстановку усугубляє низька виконавська дисципліна - вимоги до встановлення екранів і їх експлуатації нерідко порушуються.

Тим не менше, в Росії поступово починають усвідомлювати всю серйозність шумової загрози. Комітет з екології Держдуми вже підготував закон «Про захист населення РФ від підвищеного шуму», який вимагає складання карт шуму для великих міст. Західні країни прийняли такі закони ще в 1970-х роках.

До 2020 року шум в Європі має бути знижено в 2 рази. Для цього розробляють спеціальні директиви ЄС. Зокрема, вони вимагають складання карт шуму для залізниць, аеропортів і великих автодоріг. Цей графічний матеріал повинен бути легко доступним. ЄС витрачає на шумозахисні заходи 40-50 млрд. євро на рік. У Росії ці витрати теж стали рости. Нещодавно мер Москви визнав шум другим лихом столиці після автомобільних пробок, і в столиці задумалися про створення акустичної інспекції.

2.6. Місце й роль ГІС у моніторингу шумового забруднення

2.6.1. Що таке «геоінформаційні системи»?

ГІС - інформаційні системи, призначені для збору, зберігання, аналізу й візуалізації просторових даних і пов'язаної з ними інформації про реальний земний простір.

ГІС містить у собі п'ять ключових складових: апаратні засоби, програмне забезпечення, дані, виконавці й методи.

ГІС зберігає інформацію про реальний світ у вигляді набору тематичних шарів, які об'єднані на основі географічного положення.

Для питань екології (в т.ч. акустичної екології) ГІС дозволяє оперативно одержувати інформацію за запитом й відображати її на карті - основі, оцінювати стан екосистеми й прогнозувати її розвиток.

2.6.2. Можливості застосування ГІС-технологій в боротьбі з шумом

Транспортний потік розглядається як лінійне джерело шуму. Це протяжне джерело, безперервно випромінююче циліндричні звукові хвилі. При розрахунку шумового впливу враховуються: шумова характеристика автотранс-

портного потоку на магістралі, відстань від магістралі, зниження рівня шуму під впливом факторів, що призводять до його поглинання, загасання, відбиття.

На підставі розрахункових даних виділяють зони з різним рівнем акустичного комфорту. Зонування території міста здійснюється за трьома просторовими рівнями: районний, квартальний і внутрішньоквартальний. Тому в міських умовах завжди велика кількість розрахункових ділянок на території, для яких необхідно провести розрахунок. На одну й ту ж саму ділянку місцевості можуть впливати кілька джерел шумового забруднення. Все це ускладнює і подовжує процес розрахунку, що значно збільшує фінансові й трудові витрати.

Крім того, точкові значення рівнів шуму не дозволяють повною мірою відобразити структуру акустичного поля, що спостерігається в реальності. Тим більше, що вони не відображають динаміку його змін у часі. Необхідним рішенням є створення ефективної просторової моделі. Для її практичного застосування необхідні засоби просторової прив'язки даних до місцевості. Очевидно, що найбільш придатною платформою реалізації моделі розповсюдження

звукової хвилі від джерел шумового забруднення можуть служити ГІС-технології.

ГІС забезпечують більшу наочність вихідних даних у порівнянні зі звичайними географічними картами, дозволяють вирішувати такі аналітичні завдання, що використовують просторову інформацію.

- Проводити аналіз місцевості, що включає визначення зон чутності джерел шуму й оптимального місця розташування об'єктів. Межі чутності при створенні цифрового класифікатора району моніторингу можуть задаватися для якого-небудь об'єкта з урахуванням його перебування на реальній місцевості (наприклад, житлова або промислова територія, дорога і т.д.). В умовах завдання знаходження оптимального місця розташування об'єкта задаються критерії, можливе просторове розподілення шуму, існуюча транспортна мережа, додаткові просторові обмеження.

- Безпосередньо проводити моніторинг шуму, що включає збір і обробку різноманітної інформації про шумові забруднення і т.п.

- Аналізувати функціонування шумових об'єктів. Практично кожен об'єкт включає типові елементи, що діють за певним алгоритмом. Навколо об'єкта розташову-

ються території з житловими масивами, більш-менш розвинutoю дорожньою мережею, іншими мережами чи комунікаціями. Кожна зона на території перебування об'єкта моніторингу має свої атрибутивні властивості й ознаки.

У зв'язку з тим, що склад об'єктів моніторингу є типовим, можливо заздалегідь визначити семантики об'єктів моніторингу й потім з урахуванням цих даних зробити розрахунок:

- зон шумового забруднення навколо об'єктів моніторингу з заданою якістю в умовах перешкод на основі умов розповсюдження звуку;

- оптимальних місць розміщення об'єктів по всій розрахунковій території.

Реалізація системи шумового моніторингу з застосуванням ГІС-технологій (рис. 2.9), дозволить здійснювати одночасну (в масштабі модельного часу) реалізацію програм моделювання шумового забруднення навколишнього середовища і, що найголовніше, проводити постійну оцінку можливостей моніторингу великих районів.

Оціночний виграш у часі при автоматизації розрахунків результатів моніторингу при його плануванні може

скласти 10-75% від тривалості етапу вимірювань рівнів шумових забруднень.

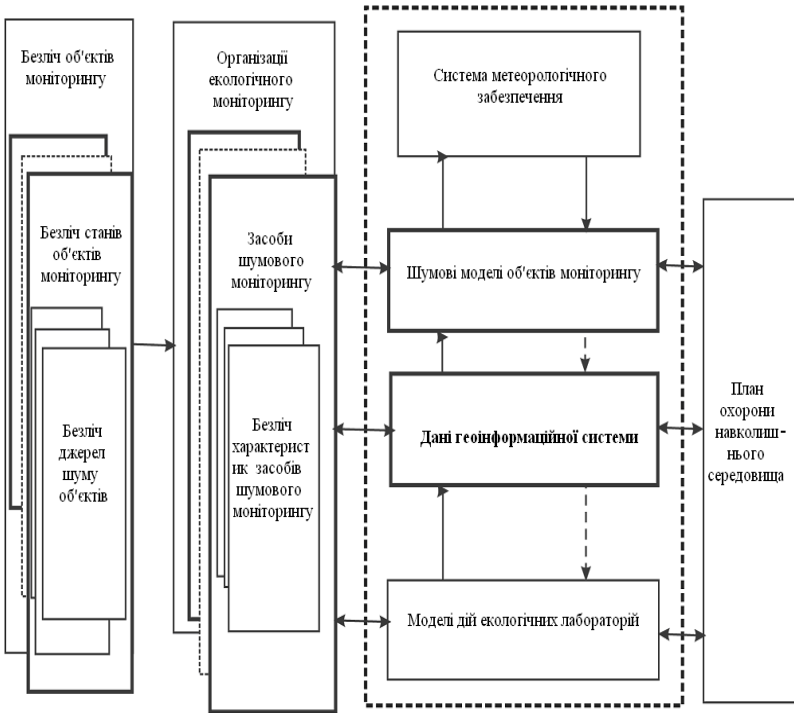


Рис. 2.9 - Структурна схема функціонування системи шумового моніторингу з застосуванням ГІС-технологій

3. ПЛАНУВАННЯ ПРОЕКТУ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ

3.1. Образність сприйняття - основа наочності сучасних математичних моделей

Споконвічно первинним у точних науках був образний, геометричний підхід. Зародження математики в першу чергу пов'язане з геометрією – наукою, що дозволяла древнім обчислювати площі й обсяги територій, здійснювати будівельні роботи (єгипетські піраміди та ін.) і т.п. Ніякої алгебри в той час не було, - а от геометрія успішно існувала й дозволяла здійснювати найвищі досягнення древніх цивілізацій (сім чудес світу й т.д.). Астрономія древнього миру базувалася на образах (сонце як бог Амон і т.п.); обчислення древніми періодів між сонячними й місячними затьмареннями та ін. астрономічні спостереження – всього лише необхідний інструмент для розуміння невідомих сторін того або іншого *образу*.

...Однак згодом образність мислення виявляється поступово витиснута аналітикою. Формула (хоча це слово й походить від латинського *formula* – тобто *образ, вид*), ком-

бінація математичних знаків, що виражає будь-яку пропозицію, - поступово витісняє наочний образ, заміняючи його абстракцією. Замість того, щоб рисувати параболу (візуальну, відчутну фігуру, наочний зоровий образ), набагато простіше задати її рівнянням вигляду $y^2=2px$, - примусово задаючи в якому величини p і x , ми завжди зможемо визначити шукану y .

Довгі століття в математичному моделюванні домінував аналітичний підхід. Більшість функцій, що зустрічаються в математиці і її додатках, - аналітичні функції. Теорія аналітичних функцій - найважливіша частина теорії функцій комплексного змінного. Математика - аналітика: в певному семіотичному плані ці слова сприймалися майже як синоніми. Проникнення аналітичного підходу в інші науки. Аналітична хімія, аналітична психологія, аналітична хімія, аналітичний облік у бухгалтерії; аналітичне ... багато чого; аж до «аналітичних висловлень» (термін і його трактування запозичені з загальнодоступного енциклопедичного словника), тобто висловлення істинності або хибності якого може бути встановлена винятково на основі аналізу його граматичної або логічної структури; приклади істинних аналітичних висловлень, як говорить нам шанов-

на енциклопедія - логічні закони.

Мислення представників аналітичного типу характеризується явною перевагою дуже добре розвиненого словесно-логічного компонента над слабким наочно-образним. Вони легко оперують відкритими схемами. У них немає потреби в наочних опорах, у використанні предметної або схематичної наочності при рішенні завдань, навіть таких, коли дані в завданні математичні відносини й залежності «наштовхують» на наочні подання.

Представники цього типу не відрізняються здатністю наочно-образного подання і в силу цього використовують більше важкий і складний логіко-аналітичний шлях вирішення там, де опора на образ дає набагато більше просте рішення. Вони дуже успішно вирішують завдання, виражені в абстрактній формі, завдання ж, виражені в конкретно-наочній формі, намагаються по можливості переводити в абстрактний план. Операції, пов'язані з аналізом понять, здійснюються ними легше, ніж операції, пов'язані з аналізом геометричної схеми або креслення.

Аналітичне мислення - це не є щось придбане: це, скоріше, властивість психіки.

Образне мислення в «століття точних наук» залишалося в загоні (що не заважало поетам писати вірші, а скульпторам реалізовувати свої шедеври). Ренесанс образного підходу, спостережуваний в цей час, як це не дивно, пов'язаний з ... розвитком сучасної комп'ютерної техніки. В цей час, у зв'язку з розвитком комп'ютерної графіки, взяв гору геометричний підхід, заснований на образному мисленні. Цікаво, що комп'ютерне програмування (в його споконвічному, "чистому" вигляді) - найчистішої води продукт аналітичного мислення, - однак кінцевий його продукт, - інтерфейс якої-небудь програми, - розрахований, в першу чергу, на образне сприйняття дійсності. Кнопочки на панелях інструментів, піктограми значків, різні образні елементи в інтерфейсі давним-давно й безповоротно витиснули систему скупих машинних команд якої-небудь мови програмування. Жоден користувач ПК, вирішивши, наприклад, зайнятися набором тексту, не стане зараз набирати в командному рядку команду "Write"; з набагато більшою впевненістю можна припустити, що для **повністю аналогічної** дії він просто клацне мишею по значку текстового редактора.

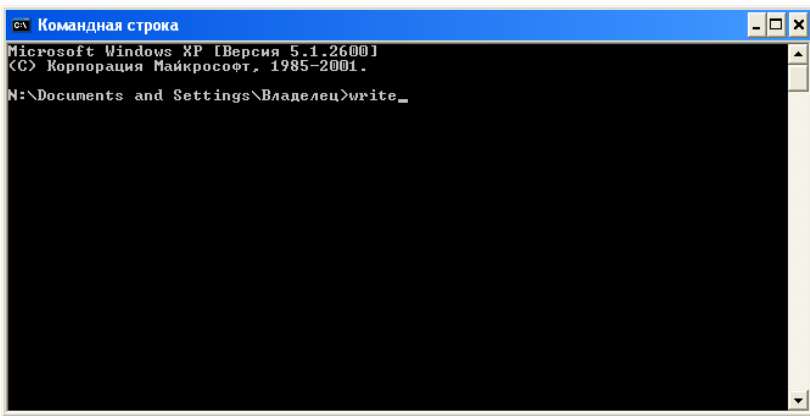


Рис. 3.1 – Текстовий редактор у будь-якій версії Windows можна запустити командою DOS “Write”. Це повністю еквівалентно запуску цієї ж програми з меню «Пуск». Але який дурень у наш час буде це робити?

Таких прикладів можна приводити безліч, - однак наше завдання полягає в тім, щоб уловити головну тенденцію - перевага образного сприйняття дійсності.

Образне мислення знову повертається в наш світ, відновлюючи давно загублені позиції. І несуть його нам комп'ютери [45].

Мислення представників цього типу характеризується дуже добре розвиненим наочно-образним компонентом. У зв'язку з цим умовно можна говорити про перевагу його над добре розвиненим словесно-логічним компонентом. Люди, що практикують образне мислення, відчують потребу в наочній інтерпретації вираження абстрактного матеріалу й демонструють більшу вибірковість щодо цього. Але якщо їм не вдається створити наочні опори, використати предметну або схематичну наочність при виконанні завдань, то вони важко оперують відкритими схемами. Вони завзято намагаються оперувати наочними схемами, образами, поданнями навіть там, де завдання легко вирішується міркуванням, а використання наочних опор зайве або важке.

Можливо, ми маємо щось подібне до діалектичної спіралі, - структура якої говорить, що те саме явище в ході розвитку цивілізації повторюється, - однак на якісно більш високому рівні. Спочатку домінувало образне мислення, потім - аналітичне; потім - знову образне.

3.2. Наше кредо – злиття моделювання й натурних вимірів у єдине ціле

Тепер питання № 2: «Де це може знадобитися в наукових дослідженнях?» Пояснимо це на своєму власному прикладі.

Багато авторів у своїх роботах явним або неявним образом ПРОТИСТАВЛЯЮТЬ моделювання натурному експерименту. Вони пропонують найчастіше достатньо витончені математичні описи натурних процесів, на базі чого намагаються передбачити поведінку системи при дуже скромному наборі вихідних даних. У результаті виходить значна розбіжність між результатами моделювання й натурним експериментом: припускаємо одне, маємо в реальності - зовсім інше.

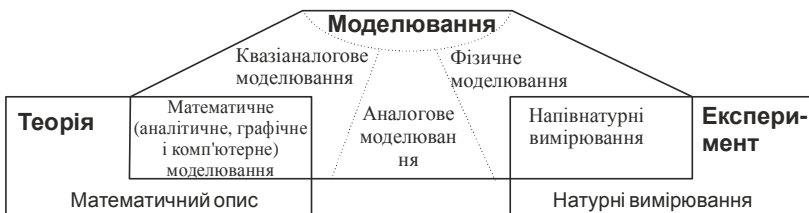


Рис. 3.2 – Згідно з загальновизнаною класифікацією наукових методів дослідження, моделі займають проміжне місце між теоретичними та експериментальними методами одержання наукових результатів

Роль моделювання в сучасному змісті цього слова найкращим чином описана в роботі [46], де вказується: *«Як видно з прикладеної схеми, моделі займають проміжне положення між двома вкрай віддаленими один від одного полюсами, служачи свого роду «містком» між діаметрально протилежними один одному експериментальними й теоретичними способами досліджень. ... Як відомо, вчені (принаймні, на сучасному етапі розвитку науки й техніки) поділяються на теоретиків і експериментаторів: перші беруться за уможлядне дослідження якихось процесів, абстрактно домислюють їх, і роблять неіснуюче до них предметом загального надбання; другі ж у міру своїх сил і можливостей (а також стану притаманного їм матеріально-технічного забезпечення, що в даному випадку дуже немаловажне) займаються завзятою працею, забезпечуючи теоретиків набором дивних фактів, зовсім недоступних споконвічно для розуміння, і настійно потребуючих з їхнього боку найдетальнішого і наукового тлумачення. Моделювання якось єднає тих і інших, служить містком між двома протилежними антитезами...»*

Зовсім інше подання вкладає автор у поняття "моделювання". Роль моделювання, на його думку, повинна зво-

дитися до розширення, доповнення, інтерполяції даних натурального експерименту. Пояснимо це на наступному прикладі. Так, у цей момент ви перебуваєте в якій-небудь кімнаті (приміщенні). Щоб, наприклад, вивчити шумовий режим у ній, необхідно виміряти рівень звуку за допомогою шумоміра. Припустимо, що у вас є шумомір, ви вмієте працювати з ним, маєте ресурси сил, часу і т.д. Завдання, таким чином, зводиться лише до призначення певної кількості точок виміру. Скільки їх повинно бути? Намагаючись знайти відповідь у нормативних документах, знаходимо лише вказівку "не менше..." - щоб уникнути можливої невірогідності штучно обмежується нижня межа. Верхня межа не лімітується: ("чим більше точок виміру - тим краще"!)

Допустимо, що ми не сильно обмежені в ресурсах сил, часу та ін., і прагнемо виконати доручену роботу як можна якісніше, побудувати карту шуму як можна деталізованіше, і т.п. Ми розбиваємо досліджуваний простір сіткою квадратів і починаємо проводити дискретні виміри в точці перетинання цих умоглядних ліній. При спробі більшої деталізації ми змушені зменшувати крок сітки, починаючи контрольні точки, наприклад, у два рази ближче друг до друга, - (отчого їхня кількість зростає в квадратич-

ній залежності). Чим більше точок, - тим вище якість і вірогідність! Але все-таки коли-небудь наступить межа?

Тому найкращий ефект виходить при максимальній апроксимації аналітичних даних якимись графічними елементами, тобто, наприклад, при заміні формул і таблиць наочними моделями.

Роль моделювання при вивченні шкідливого впливу об'єктів техніки на людину, принципи й варіанти побудови моделей таких об'єктів розглянуті в роботі [47], де на с.20 прямо зазначено: " *...Использование визуальных моделей позволяет представить разработчику эффективных технических решений все факторы в их взаимосвязи, влияющие на экологическое равновесие ... В связи с этим требуется максимальный охват моделированием всех объектов, задач и проблем...*"

3.3. Поля інтерполяції

Самим складним моментом при цьому є інтерполяція. Ілюструємо це спочатку на наступному прикладі (який не має відношення до акустики, а належить, скажімо, до області картографії). Припустимо, є фрагмент топографічного плану ландшафту, де через дві (відмінні одна від одної)

точки місцевості проходять дві горизонталі, що мають абсолютні відмітки висот 90 м і 91 м відповідно (рис. 3.3.а). Це достовірно відомо, наприклад, на базі безпосередніх натурних вимірів. Інших, більш докладних і уточнюючих даних просто немає. Необхідно визначити відмітку рівня земної поверхні в третій точці, геометрично розташованій точно посередині відрізка, що з'єднує горизонталі з відмітками 90 і 91 м. Традиційне рішення: зазвичай в такому випадку мовчазно припускають, що розподіл відміток висот (тобто крутизна рельєфу) лінійно залежить від відстані між горизонталями, і для точки, розташованої посередині відрізка, що з'єднує горизонталі з відмітками 90 і 91 м, на рівній відстані між ними, звичайно (шляхом інтерполяції) малюють відмітку 90,5 м. Це положення показано на рис. 3.3. б і рис. 3.3.д (3.3.д - поперечний розріз рельєфу місцевості згідно з варіантом рис. 3.3.б).

Легко показати, що це положення буде справедливе лише при куті нахилу земної поверхні, який складає 45 градусів (рис. 3.3.д). У той час реальний ухил земної поверхні може бути зовсім іншим.

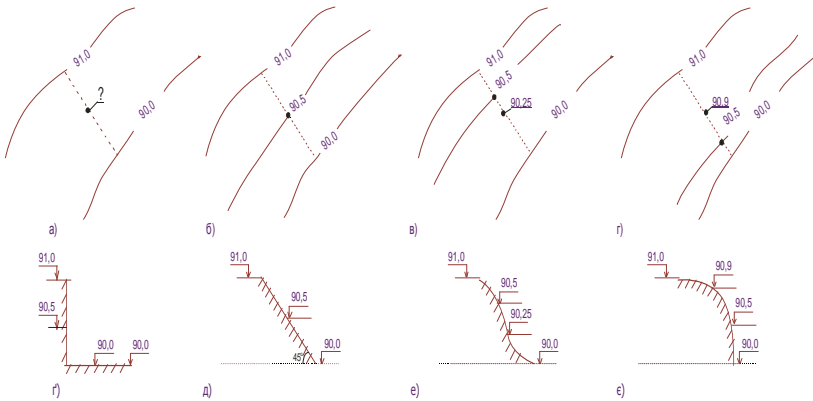


Рис. 3.3 - Як здійснити інтерполяцію відміток висот? *а* - план ділянки території (вид зверху), *б, в, г* - можливі варіанти його рельєфу (вид зверху); *г, д, е, є* - можливі варіанти його поперечного розрізу. При цьому *г* цілком може відповідати *а*; *д* напевно відповідає *б*; *е* напевно відповідає *в*; *є* напевно відповідає *г*.

Безліч можливих альтернативних варіантів будови рельєфу у випадку, представленому на рис. 3.3. *а*, аж ніяк не вичерпується перетинами рис. 3.3.*г, д, е, є*: кількість варіацій прагне до нескінченності. З них усіх лише варіант рис. 3.3. *б*, він же рис. 3.3.*д* (кут нахилу земної поверхні 45°) задовольняє "найбільш очевидному з точки здорового глузду" припущенню про розташування точки з відміткою рівня 90,5 м точно посередині відрізка, що з'єднує точки з відмітками 90 м і 91 м, на рівній відстані між ними.

На рис. 3.3.в та рис. 3.3.е, (якими також може апроксимувати вихідний рис. 3.3.а), представлений крутий схил; точка з відміткою 90,5 м лежить у плані набагато ближче до горизонталі з відміткою 91 м, ніж до іншої горизонталі, що має позначку 90 м. На рис. 3.3. з і 3.3.є, навпаки, представлений пологий схил; точка з відміткою 90,5 м при цьому лежить у плані набагато ближче до горизонталі з відміткою 90 м, ніж до горизонталі з відміткою 91 м.

Рис. 3.3.г ілюструє схил з прямовисною стінкою (в поперечному розрізі), кут нахилу якої становить 90 градусів; точка з відміткою 90,5 м при цьому (вид зверху) збігається з точкою з відміткою 91 м.

І інших проміжних варіантів може бути безліч!

Цей картографічний приклад найкращим чином показує, наскільки складна інтерполяція навіть для розподілу геодезичних висот.

У випадку ж шуму інтерполяція (призначення невідомих значень у проміжку між відомими значеннями) має набагато більш складний характер. Це пов'язано з нелінійної залежністю спаду рівнів звуку в міру віддалення від джерела. В роботі [48] нами була зроблена спроба описати чисельно рівні звуку на різних відстанях від джерела на

основі відомих закономірностей спаду інтенсивності звукового випромінювання у міру віддалення від джерела. Розповімо про це детальніше.

3.4. Критика прототипу

В авторській роботі [49], що базується на величезній кількості експериментального матеріалу (дані безпосередніх натурних вимірів, проведених особисто автором), висунута нова гіпотеза про обмеженість застосування відомих формул математичного моделювання в акустиці. Так, у ряді джерел, присвячених мат. моделюванню процесів поширення звуку, зустрічаються формули (наприклад, с. 19 [38]), що говорять про те, що зниження шуму становить:

6 дБ при подвоєнні відстані від точкового джерела:

$$L = L_0 - 20\lg(R/R_0); \quad (3.1)$$

і 3 дБ при подвоєнні від лінійного:

$$L=L_0-10\lg(R/R_0). \quad (3.2)$$

Цифри 6 і 3 дБ утворюються як результати обчислення $2R_0/R_0$ за формулами (3.1) і (3.2) (тому що $R=2R_0$)

Тут L - шуканий рівень звукового тиску, дБ на відстані R , м від джерела з відомим (заданим) рівнем L_0 , дБ на відстані R_0 , м.

Іншими словами, відомими є залежності величини рівня звуку від величини відстані, виражені у вигляді пропорцій, - однак вони мають у край обмежену область застосування.

У дійсності ж, якщо візьмемо контрольну точку з рівнем L_0 , дБ, узятую на відстані $r_0 = 7,5$ м, - наступна контрольна точка з рівнем $L_0 - 6$, дБ буде перебувати на відстані $r = 15$ м; наступна $L_0 - 12$ на відстані $r = 30$ м; і т.д. Таким чином, виміри за даною методикою дискретні залежно від відстані: ми НЕ МОЖЕМО обчислити рівень на відстані, скажемо, 29 м, - а змушені користуватися відрізками, кратними 7,5 м. Крім того, часто випускають з уваги, що певні граничні умови накладаються й на спад рівнів (до речі, також дискретних разом з відстанню з кроком у 3 дБ. Унаслідок того, що рівні - величини логарифмічні, їхня інтерполяція складна й найчастіше неможлива: так, навіть чисто математично треба, щоб на відстані 11 м від точкового джерела {тобто $1,5r_0$ } шуканий рівень не дорівнюватиме $L_0 - 3$). Залежність (3.1), так само як і залежність (3.2), буде

виконуватися аж ніяк не "в періоді" (тобто загасання до величин близьких до нуля дБ на більших відстанях від джерела), як це умоглядно думають деякі: (мол, "на відстані 7,5 м рівень становить 49 дБА; а на відстані приблизно 2,0 км рівень = 0 дБА": такі лінійні обчислення, формально начебто б правильні, - але в корені не вірні, представлені в табл. 3.1), - а до збігу величини зазначеного загасання з величиною рівня фонового шуму.

Табл. 3.1 - Формально правильні (але зовсім не враховуючі фізику процесу обчислення спаду рівня від точкового джерела за формулами (3.1) і (3.2)) закономірності

а) для точкового джерела (відстань загасання для розрахункового рівня 49 дБ)

L_0 , дБ	49	43	37	31	25	19	13	7	11	-5
r , м	7,5	15	30	60	120	240	480	960	1920	3840

б) для лінійного джерела (відстань загасання для розрахункового рівня 49 дБ)

L_0 , дБ	49	46	43	40	...	10	7	4	1	-2
r , м	7,5	15	30	60	...	61440	122880	245760	491520	983040

Як ми успішно показали даними наших натурних вимірів [50], величина фонового шуму в місті становить від

29-30 дБА (у хаші лісонасаджень; рекреаційна зона) до 48-49 дБА. Приймаємо фоновий рівень = 46 дБА (як це було з'ясовано в деяких серіях наших вимірів). Таким чином, повертаючись до розглянутого приклада з рівнем 49 дБА, можна сказати так: на відстані 7,5 м від точкового джерела зафіксований рівень 49 дБА, на відстані 15 м від того ж джерела зафіксований рівень 46 дБА; на відстані 30 м від того ж джерела теж зафіксоване той же рівень 46 дБА й т.д., - (де 46 дБА - фоновий шум). Цифри реальні, і взяті з наших прикладів. Це докладно показано на рис. 3.4, 3.5.

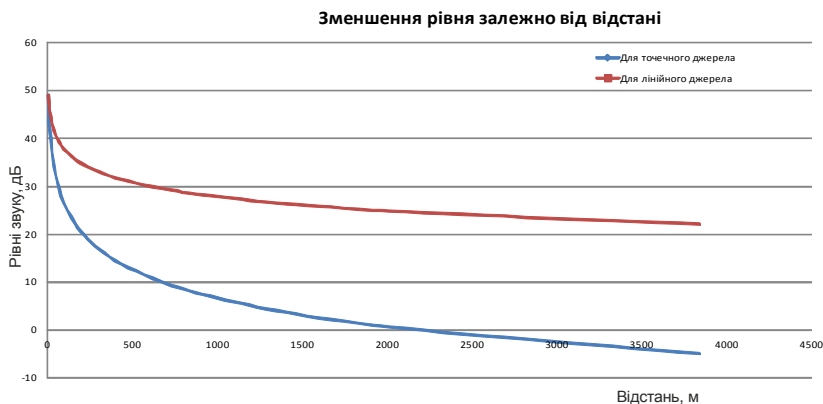


Рис. 3.4 - Залежність спаду рівня звуку від відстані: криві відповідно до примітивної мат. моделі (розрахунок за формулами (3.1) і (3.2), перекреслені графіком фоновому шуму. (Загальний вигляд)).

На наступному рис. показаний те ж саме – але тільки укрупнений вигляд.

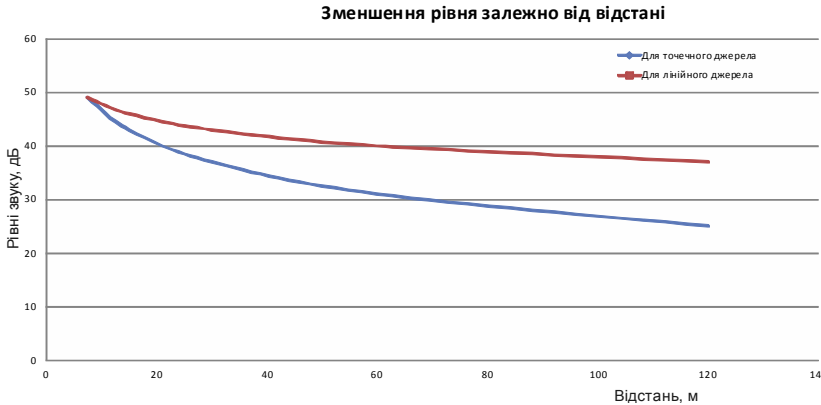


Рис. 3.5 - Залежність спаду рівня звуку від відстані: криві відповідно до примітивної матмоделі (розрахунок за формулами (3.1) і (3.2), перекреслені графіком фонового шуму.

Криві рівнів, названих «прогнозно-неправильними», обчислені за алгоритмом відомих формул (3.1) і (3.2), табл. 3.1, мають чисто математичний, - але в жодному разі – не значеннєвий зміст. Дійсно, має сенс тільки ділянка такої кривої до перетинання з графіком «фоновий шум»; а далі зі збільшенням відстані буде підтримуватися рівень шуму саме **ФОНОВОГО**. Нижче фонового рівні шуму можуть знизитися тільки в уяві авторів формул (3.1) і (3.2), – але в жодному разі не в реальності.

Таким чином, банальна цифрова модель (тобто формули (3.1) и (3.2)) у жодному разі не відбиває дійсної закономірності спаду рівнів залежно від відстані. Математична модель же авторської розробки, [48] базована на вивченні форми й площі фронту, значно ближче до реальності, й прекрасно погоджується з даними натурних вимірів.

3.5. Наш підхід до проблеми

Протягом 15 років (починаючи з кінця 1994 р.) автор висував концепцію опису явища спаду інтенсивності звуку в міру віддалення від джерела за рахунок розбіжності звукових променів, за рахунок збільшення площі хвильового фронту зі збільшенням відстані.

Нами [46] в свій час була запропонована методика моделювання процесів поширення шуму, заснована на обчисленні співвідношення площ хвильових фронтів від того самого джерела, обчислених на різній відстані від нього. Показано [49], що за певних умов наші формули видозмінюються в звичні залежності спаду звукової енергії залежно від відстані: формулу квадратичної залежності спаду інтенсивності від точкового джерела (6 дБ при подвоєнні відстані) і спад інтенсивності пропорційно відстані від лі-

нійного джерела (3 дБ при подвоєнні відстані). Для того, щоб охарактеризувати хвильовий фронт, потрібно згадати, що це – безліч точок поверхні, що перебувають у той самий момент часу в однакових фазах. Один вимір у одній контрольній точці «обрисовує» всього одну з вищезгаданої безлічі точок поверхні; щоб вирисувати весь фронт у всій його тривимірній об'ємно-просторовій структурі, необхідно зробити виміри в кожній з точок даної безлічі... Це, як ми розуміємо, принципово неможливо, тому що вимагає 10^n ступеня контрольних точок, де n – саме по собі астрономічне число ..., але це й не потрібно: тому що, якщо ми можемо охарактеризувати хвильовий фронт у декількох контрольних точках, що перебувають на його поверхні (заданими безпосередніх натурних вимірів), а інші добудувати шляхом математичного моделювання... - от вона й є в цьому вся, наша математична модель!

Таким чином, мова йде не про протиставлення, не про розмежування теоретичних і експериментальних методів дослідження (як то має місце в інших авторів), а саме про їх злиття, доповнення, взаємододавання.

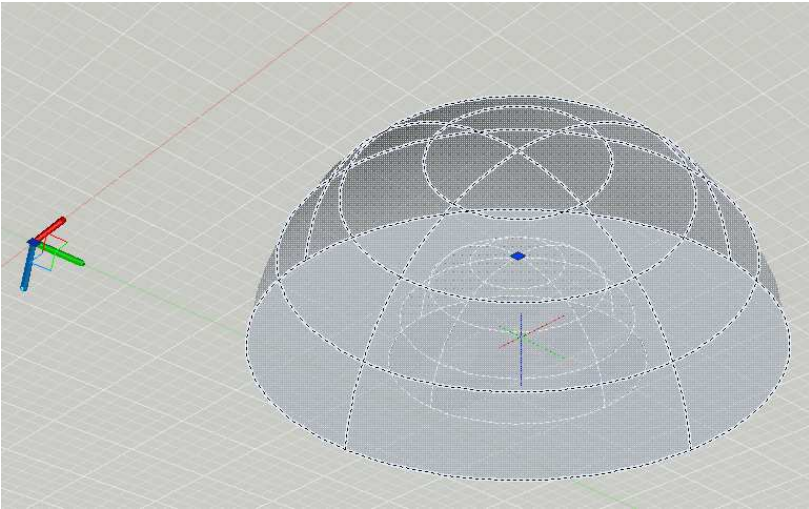


Рис. 3.4 - Хвильові фронти від точкового джерела в півпросторі - у вигляді двох півсфер, - два хвильових фронти на різних відстанях від джерела (відповідно до подань автора з [51]). Побудувавши такі фронти й обчисливши співвідношення площ даних фронтів за методикою В.Е. Абракітова, можемо визначити шуканий рівень звуку на будь-якій відстані від джерела.

Перевага запропонованого підходу полягає в тому, що за рахунок використання засобів комп'ютерної графіки порівняно неважко зобразити просторовий хвильовий фронт, створюваний у безпосередній близькості від джерела звуку. Побудова фронту поверхні поширення звукової енергії на більшій відстані від джерела загалом повторює

форму первинного фронту, підкорюючись строгим зако-
номірностям:

1) напрямок поширення хвилі строго перпендикулярно фронту;

2) швидкість збільшення радіуса-вектора дорівнює швидкості поширення звуку (для рухливих джерел: швидкість поширення звуку + швидкість переміщення джерела в даному напрямку).

Ця грандіозна робота, що (поетапно, частинами) знайшла своє відображення в багатьох наукових трудах автора, завершилася в 2009 р. офіційним визнанням правоти автора, з видачею йому офіційного патентного документа [48]. Згідно з формулою винаходу, можливо отримати чисельне значення інтенсивності звуку практично на будь-якій відстані від джерела, в залежності від площі створеного ним хвильового фронту, що знаходиться на зазначеній відстані. (Від інтенсивності звуку легко перейти до звичних логарифмічних одиниць - рівнями звукового тиску, вираженим у децибелах. У початковій частині опису винаходу, проте ж, для забезпечення повної математичної і фізичної суворості доказу в процесі наукової й патентної експертизи використовуються операції з абсолютними значеннями

інтенсивності; потім те ж саме доказ наводиться у вигляді операцій з рівнями, дБ).

Таким чином, за винаходом [48] знімається нагальна проблема інтерполяції: знаючи значення рівня звуку в одній з точок на певній відстані від джерела, а також маючи дані про форму фронту, згідно з запатентованим способом завжди принципово можливо визначити рівень звуку в будь-якій іншій точці, що знаходиться на (відповідній їй) зовсім іншій відстані від цього ж джерела.

Таким чином, завдання моделювання процесів розповсюдження звукових хвиль (фактично – одержання графічного зображення їхніх фронтів) вирішується дуже наочно й «красиво». Але хотілося б ще додати пару слів.

У цей час усе більшого й більшого значення набувають геоінформаційні системи й технології. Картографування поверхні планети Земля разом з усіма розташованими на ній об'єктами народно-господарського призначення давно закінчено. В цей час ці дані переводять у цифровий вигляд і уводять у банки даних ГІС. Засобами ГІС нині будуються схеми геопросторового зонування, в т.ч. карти шуму [49].

Поєднуючи дані математичного моделювання процесів поширення звуку (акустичні розрахунки) з картографічними даними (засобами ГІС), можна одержувати воістину вражаючі результати!

4. ЗБІР І ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА ВИХІДНИХ ДАНИХ

4.1. Стисла характеристика об'єкта дослідження (м. Харків взагалі)

Харків - найбільше місто на сході України, адміністративний центр Харківської області. Населення - 1,47 млн. чоловік, площа міста - 310 км².

Дата заснування міста: сучасного - 1630 або 1653 р. (питання нез'ясоване); перше згадування в часописах: після 1552 р.; має статус міста з 1669 р.

Друге по величині місто України, в 1918-1919 столиця Донецько-Криворізьської радянської республіки в складі РСФСР, з грудня 1917 до березня 1918 і з 1919 до 1934 р. - столиця УРСР. Саме велике місто Землі, яке розташоване на 50-й паралелі.

Харків - найбільший науковий, індустріальний, транспортний і студентський центр України; другий після Києва культурний центр. Був найбільшим центром танко-, тракторо-, турбінобудування і третім по величині індустріальним, науковим і транспортним містом СРСР після Москви й Ленінграда. 60 науково-дослідних інститутів, 45 вищих навчальних закладів, включаючи Харківський університет,

шостий в Російській імперії, заснований в 1805, і політехнічний інститут, другий в Російській імперії, заснований в 1885; 16 музеїв, міська картинна галерея, 6 державних театрів, 80 бібліотек.

Місто в радянські часи було нагороджене орденом Леніна в грудні 1970 р. й орденом Жовтневої Революції в серпні 1983 р.

Місто складається з 9 адміністративних районів: *Жовтневий* (заснований в 1917. Названий на честь Жовтневої революції 1917 року); *Ленінський* (1918, до 1924 Івано-Лисогорський. Названий по імені історичних районів міста Іванівки й Лисої Гори, потім В. Леніна); *Дзержинський* (1932. Названий ім'ям Ф. Дзержинського, що фінансував будівництво Госпрома в цьому районі); *Київський* (1932, до 1957 Кагановичський. Названий на честь "українізатора" Л. Кагановича, потім на честь міста Києва); *Червонозаводський* (1932. Назву дано виходячи з того, що споконвічно до складу району входила територія Заводу ім. Малишева (тоді ХПЗ імені Комінтерна) - одного з найбільших заводів міста. Пізніше територія заводу перейшла до Комінтернівського району); *Орджонікідзевський* (1936. Названий на честь С. Орджонікідзе, який організував будівництво ХТЗ у цьому районі); *Московський* (1937, до 1961 Сталінський. Названий на честь І. Сталіна, потім міста Москви); *Комінтернівський* (1938. Названий ім'ям III Комуністичного Інтернаціоналу); *Фрунзенський*

(1973. Названий ім'ям полководця М. Фрунзе, котрий командував Південним фронтом, штаб якого в 1920 перебував у Харкові). Свого часу був скасований *Червонобаварський* район (1930-і – 1950-і рр. Названий по місцевості навколо побудованого в XIX ст. пивзаводу Нова Баварія).

Історичне районування міста Харкова не збігається з його адміністративним поділенням. Це є такі історичні райони: *Нагорний; Задержпром'є; Соснова гірка; Університетська гірка; Шатилівка; Олексіївка; Балашовка; Велика Данилівка; Гончарівка; Жихар; Журавлівка; Селище Жуковського; Заїковка; Залютино; Іванівка; Червоний Жовтень; Левада; Лиса гора; Москалівка; Немишля; Нова Баварія; Новожаново; Новоселівка; Нові Дома; Основа; Павлівка; Павлове Поле; Песочин; Поділ; Померки; П'ятихатки; Рогань; Сабурова дача; Салтовка; Сокільники; Сортировка; Холодна Гора; Селище ХТЗ; Шішківка.*

Географічні координати Харкова: 50°00' півн. ш. 36°15' схід. довг.

Табл. 4.1 - Висота поверхні території Харкова над рівнем моря

№ п/п	Параметр	Значення	Одиниця
1	Найвища точка	205	м
2	Середня висота	135	м
3	Найнижча точка	94	м



Рис. 4.1.6 – Харків на топографічній карті (південна частина)

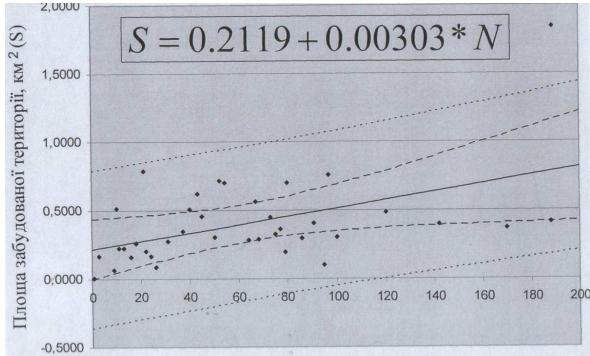
Існує статистична гіпотеза, згідно з якою площа населеного пункту якимось чином залежить від кількості його населення.

Тобто, відношення кількості людей до площі є щільність.

Табл. 4.1 – Динаміка населення м. Харкова за весь час його існування

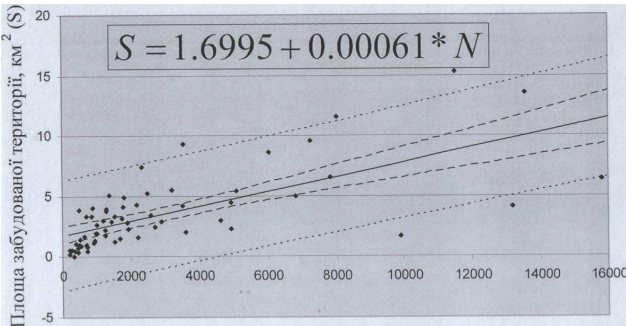
Рік	Населення	Приріст населення %±
1655	587	
1660	~2000	
1785	10805	
1788	10742	
1796	5962 (тільки дорослі чоловіки, без жінок і дітей)	
1850	41861	
1861	50301 (скасування кріпосного права)	
1897	174,000	
1901	198273	
1916	352,300 (з біженцями)	
1917	382000 (з біженцями; число їх до 50000)	
1920	285000 (Громадянська війна)	
1926	417000	+20.85 %
1939	833000	+1.99 %
05.1941	902312	
09.1941	~1400000-1500000 (з евакуйованими)	
12.1941	456639 (окупація; неповні дані)	
1943	~170000-220000 (звільнення)	
1959	930,000	+5.60 % відносно 1941
1962	1000000	
1976	1384000	
1982	1500000	
1989	1593970	+1.67 % відносно 1982
1992	1621600	
1999	1510200	-0.94 %
2001	1470900	-0.97 %
2007	1461000	
2009	1455200	

Але щільність розселення мешканців має якісь рамки для деяких категорій населених пунктів. Основні положення цієї статистичної гіпотези (в графічному вигляді) наведено на рис. 4.2 і рис. 4.3.



Кількість мешканців N , осіб

Рис. 4.2 - Залежність площі населеного пункту від кількості населення. Населені пункти з кількістю населення < 200 чол.



Кількість мешканців N , осіб

Рис. 4.3 - Залежність площі населеного пункту від кількості населення. Населені пункти з кількістю населення > 200 чол.

Клімат Харкова помірно-континентальний:

Середньорічна температура - $+7,6^{\circ}\text{C}$

Середньорічна швидкість вітру - $4,0\text{ м/с}$

Середньорічна вологість повітря - 74%

Табл. 4.2 - Кліматограма м. Харкова

Показ- ник	Січ	Лют	Бер	Кв	Тр	Чер в	Лип	Сер п	Вер	Жов т	Лис т	Гру д	За рік
Абсолют ний макси- мум, $^{\circ}\text{C}$	1,0	4,6	1,8	0,4	4,5	6,8	7,6	7,4	2,0	9,3	8,5	3,4	7,6
Середній макси- мум, $^{\circ}\text{C}$	2,8	2	,7	4,0	0,7	4,6	5,9	5,2	9,4	1,7	,6	0,8	1,9
Середня темпера- тура, $^{\circ}\text{C}$	5,7	5,1	,1	,1	5,3	9,2	0,4	9,5	3,9	,3	,8	3,3	,6
Середній мінімум, $^{\circ}\text{C}$	8,5	8,1	2,9	,7	,9	3,8	5,0	4,1	,1	,7	1,8	5,8	,6
Абсолют ний міні- мум, $^{\circ}\text{C}$	35, 6	29,8	32, 2	11, 4	1,9	,2	,7	,6	2,9	9,1	20,9	30,8	35, 6
Норма опадів, мм	4	2	7	6	7	8	0	0	1	5	4	5	19

Харків - великий транспортний вузол (залізничні й шосейні дороги, міжнародний аеропорт). У Харкові діє розгалужена мережа вуличного громадського транспорту: маршрутні таксі, автобуси, тролейбуси, трамваї. З 1975 р. діє метрополітен, що складається з 3 ліній, загальна довжина 35,6 км. Споруджується чергова гілка на Олексіївській лінії метро: від станції "23 серпня" до станції "Олексіївська". Даний перегін є одним з самих довгих у міському метрополітені в світі й перевищує 2 км.

4.2. Характеристика об'єкта дослідження (Нагірний район м. Харкова – місце, де проводиться картографування шумового режиму)

4.2.1. Відомості про місце дослідження

Нагірний район (попередня назва Північний район, утворився в кінці XVII століття) - історична, найстаріша частина міста Харкова. В широкому сенсі, так називають район, обмежений з півночі Саржиним яром, що знаходиться на горі, над обривом у межиріччі річок Лопань і Харків.

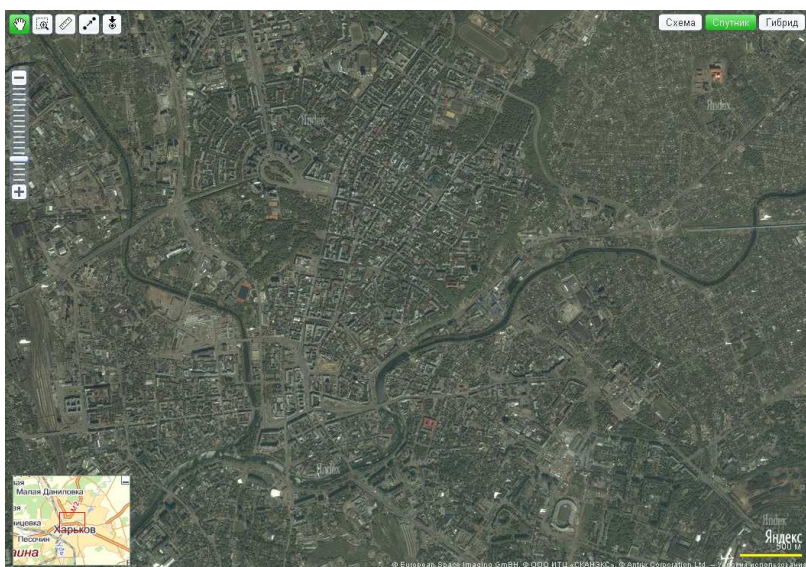


Рис. 4.4 – Центральна частина м. Харкова (Нагірний район). Вид з космосу (супутникова зйомка).

Включає в себе більшу частину Київського й близько третини Держинського адміністративних районів міста. В Нагорному районі проживає понад 150 тисяч мешканців. У центрі Нагорного району знаходиться площа Свободи (колишня пл. Держинського).

З півночі район примикає до Павлового Поля і обмежений Саржиним яром і лінією, що проходить від Саржина Яра через Сокольники до Шішківки. Зі сходу район примикає до Журавлівки і обмежений обривом до річки Харків нижче вулиці Пушкінської і вище вулиці Шевченка.



Рис. 4.5 - Центральна частина м. Харкова (Нагірний район). Карта місцевості. Теж саме, що попереднє фото.

З півдня район обмежений північною межею площі Конституції (Тевелева). З заходу обмежений високим берегом річки Лопань нижче вул. Римарської, зоопарку, проспекту Леніна і вище вулиці Клочківської.

Основні транспортні комунікації:

- У напрямку північ-південь це - вулиці Сумська, Римарська, Тринклера, Пушкінська, Раднаркомівська, Артема, проспект Леніна.

- У напрямку захід-схід - вулиці Маршала Бажанова (колишня Черноглазівська), Раднаркомівська, Гіршмана, Іванова, Петровського (колишня Басейна), Весніна, спуск Пасіонарії, вулиці Культури, Динамівська.

З різними частинами міста Нагорний район зв'язаний трьома лініями метро і численними лініями наземного транспорту. В районі є багато архітектурних й скульптурних пам'ятників. [52]

4.2.2. Основні вулиці й площі Нагорного району (на яких проводилося дослідження)

Пушкінська вулиця, (до 1899 р. Німецька вул.) - друга, після Сумської, центральна вулиця міста. Знаходиться адміністративно в Київському районі. З'єднує площу Конституції (колишня пл. Тевелева) з Журавлевським узвозом, новим корпусом Юридичної академії, авіазаводом й міським цвинтарем, де утворює глухий кут. Довжина 5,5 км.

До вулиці прилягають площа Поезії, площа Ярослава Мудрого та Молодіжний парк. Найближчі станції метро: *"Радянська", "Архітектора Бекетова", "Пушкінська"*.

"Пушкінська" - найглибша станція харківського метро. Салтівська лінія. Знаходиться на розі вулиць Пушкінської, Петровського й Гуданова. Відкрита в 1984 році. Висота підйому по вертикалі - 30 метрів.

"Архітектора Бекетова" - станція метро мілкового залягання. Олексіївська лінія. Знаходиться під перетином вулиць Пушкінської, Раднаркомівської і Дарвіна. Відкрита в 1995 році. Названа на честь академіка архітектури О. Бекетова.

Вулиця з'явилася на початку XIX століття. Іноземці поклали основу ремісничої німецької колонії, а виникла вулиця отримала назву Німецької. В 1850-1870-х роках XIX століття вулиця починалася біля Миколаївській площі й була заселена до нинішньої Червонопрапорної вулиці (колишньої Каплуновської). Торговельних і ремісничих закладів тут майже не було.

У 1885 році в Харкові був відкритий Технологічний інститут. У зв'язку з цим зросла вартість земельних ділянок, які до нього прилягали. Забудовували Каплунівську

площу й прилеглу до неї місцевість, виникали нові вулиці з кам'яними будинками. В 1899 році вулицю перейменovali ім'ям великого російського поета О. С. Пушкіна - в сторічну річницю від дня його народження.

У грудні 1910 року по Пушкінській почався рух трамваю.

Коли Харків був столицею Радянської України, на Пушкінській - одній з центральних магістралей міста - знаходилися центральні партійні й державні органи республіки. Велике будівництво проводилося на Пушкінській в 1920-1930-х роках. Тоді з'явилися будівлі рентгенінститута й студентського гуртожитку «Гігант», розрахованого на 2500 чоловік, та інші. В 1971 році на ділянці Пушкінської між "Гігантом" (вул. Лермонтовська) й вул. Весніна було прокладено трамвайну лінію, що зв'язала Нагірний район з Журавлівкою й далі - з Салтівським житловим масивом. При цьому було ліквідовано кільце 18 трамваю на вулиці Лермонтовській і зняті трамвайні колії з цієї вулиці.

Наприкінці Пушкінської історично знаходилися кладовища.

Найстаріше, Іоанно-Усекновенське кладовище - в нинішньому Молодіжному парку, навколо церкви Усікно-

вення Голови Іонна Предтечі. В радянський час воно було закрите, в 1976/1979 роках на його місці розбитий Молодіжний парк. Кілька могил залишилися на місці. Навпроти Молодіжного парку і далі, з тильного боку іподрому, розташоване Друге міське кладовище. За вулицею Весніна, за Другим міським, знаходиться два братських могили. Далі на вулиці Пушкінській, між авіазаводом і вище далекої Журавлівки, розташоване засноване в 1930-х роках 13-е міське кладовище. [53]

До березня 2009 року по вулиці їздили 5-й і 7-й маршрути трамваю, що пов'язували Пушкінську відповідно з Одеською та Новоселівкою.

Сумська вулиця, з 1924 по 1941 рр. вул. Карла Лібкнехта - головна вулиця міста, з'єднує площу Конституції (колишню пл. Радянської України, пл. Тевелева) з парком ім. Максима Горького й Лісопарком, у Лісопарку переходить у Белгородське шосе. До вул. Сумської прилягає площа Свободи (колишня пл. Держинського). На ділянці від скверу Гоголя до площі Держинського вулиця заощена бруківкою.

Вулиця виникла як дорога на Суми в другій половині XVII століття. До кінця XVIII століття Сумська була дуже

короткою й закінчувалася на місці нинішньої Театральній площі, на території якої проходив міський оборонний вал. На місці нинішнього скверу Перемоги стояла кам'яна Мироносицька церква (1783), за якою було закрите в 1804 році міське кладовище. В 1852 відкривається Сумське шосе, з регулярним рухом поштово-пасажирських дилижансів на Москву.

У 1883 році по Сумській почався рух конки, від ветеринарного інституту (новий Палац піонерів) на Москалівку. В 1907 році на вулиці відкрили Міський парк, нині парк Горького. У 1917 році забудова Сумської закінчувалася на межі нинішньої вул. Маяковського. З 1930-х до 1946 на місці нинішнього скверу Перемоги й Дзеркального Струменя знаходилося тролейбусне коло.

У семиповерховому будинку по вул. Сумській, 100, що навпроти нинішнього Палацу одружень, у роки німецької окупації в 1942-1943 роках містилося міське гестапо (CD). [54]

Площа Свободи - центральна площа Харкова, є третьою за величиною площею Європи й сьомою площею у всьому світі. З моменту заснування (планування - 1923/25, мощення - 1930/31) до 1996 року носила назву "Площа

Дзержинського". Німецькі окупанти в 1942 назвали її «площею Німецької армії», а з кінця березня по 23.08.1943 року - «площею Лейбштандарта СС».

Табл. 4.3. Характеристики площі

№ п/п	Координати:	50°00'23" північної широти 36°13'52" східної довготи
1.	Довжина:	від 690 до 750 метрів.
2.	Ширина прямокутної частини:	від 96 до 125 метрів.
3.	Діаметр круглої частини:	350 метрів.
4.	Площа:	11,9 гектарів.
5.	Різниця висот вздовж площі:	понад 11 метрів (від вищої точки на Сумській вулиці до нижчої - у Держпрому).

Площа має форму реторти, яку звернено шийкою до Сумської вулиці. Вісь круглої частини площі проходить через вісь симетрії будівлі Держпрому й під кутом 20 градусів до осі прямокутної частини. Прямокутна частина площі заможена бруківкою і виходить на Сумську вулицю, кругла - на проспект Леніна. Під площею знаходяться дві станції метро - «Університет» (1984) Салтівської лінії й «Держпром» (1995) Олексіївської лінії.

Територія, розташована на північний захід від Сумської вулиці, в XIX - початку XX століття належала університету. На ній розміщувалися клініки та навчальні корпуси

медичного факультету, за якими простягалися пустирі, що перетиналися ярами. До революції місце нинішньої частково займала невелика Ветеринарна площа. В 1924 році з урахуванням зростання столиці УРСР архітектором В. К. Троценко була розроблена попередня схема цього району Харкова, пізніше названого Задержпром'єм. У 1925 за ініціативою Ф. Е. Держинського було вирішено спорудити Будинок Державної промисловості. Для нього відвели три суміжних квартали на внутрішньому кільці. Це й поклало початок формуванню нового району, центром якого стала величезна площа, межа якої визначилася Держпромом. Щоб відкрити вид на «перший радянський хмарочос» з боку Сумської вулиці, потрібно було значно зрізати землю й розчистити від малоповерхової забудови великий ділянку. Одна з найбільших у світі площ вийшла в плані незвичайної форми, що нагадує хімічну реторту. Прагнення надати більш чітку конфігурацію обрисам площі призвело до її просторового розчленовування на прямокутну частину, що служить головним міським форумом, і круглу, в центрі якої до війни була величезна клумба, потім на її місці був створений сквер.

До серпня 1932 року по лівому боку площі, якщо дивитися від Сумської, ходили трамваї марок 5, 12, 17, 20 від спуску Пасіонарії прямо на Іванова з поворотом по вул. Держинського до вул. Петровського, де виходили на ліквідовану у 1999 році лінію. Потім трамвайні шляхи були перенесені за Держпром, на півкола проспекту Правди й вул. Тринклера, де і залишаються по сьогодні. У серпні 1944 року на площі проводилася велика виставка військової техніки; на початку 1950-х, влітку - мирної техніки, що випускається харківськими підприємствами. У вересні 2008 відбувся концерт з найбільшою кількістю глядачів (за різними оцінками, від 150 до 250 тисяч), британська група «Queen». [55].

4.3. Вибір і обґрунтування картографічної основи.

Растрові карти

Згідно з визначенням, географічна інформаційна система – інформаційна система, що забезпечує збір, зберігання, обробку, доступ, відображення й розповсюдження просторово-координованих (просторових даних). Просторові дані грають одну з ключових ролей. Найбільш поширеним і затребуваним видом просторових даних загального

призначення, безумовно, є топографічна основа. У паперовому вигляді топографічна основа, як правило, міститься на великомасштабних топографічних планах, виконаних на територію адміністративно-територіальної одиниці (найчастіше це масштаби 1:500, 1:2000 і 1:10000).

У даний час сучасні технології створення й обробки цифрової картографічної продукції в основному базуються на використанні растрових картографічних матеріалів. На початковому етапі при проектуванні й створенні геоінформаційних систем геокодовані растри представляють найдешевший спосіб отримання повної візуальної інформації про місцевість. Поєднання векторних і растрових шарів дозволяє повноцінно, а іноді - оптимально поєднувати методи просторового й візуального аналізу картографічної інформації при ухваленні рішень. Тому до растрової картографічної інформації, так як і до векторної, пред'являються достатньо жорсткі вимоги. В кожному конкретному випадку ці вимоги різні і залежать від завдань, що будуть виконуватися з використанням даної інформації.

Зараз єдиним оптимальним способом отримання високоякісних растрів є сканування початкової картографічної інформації.

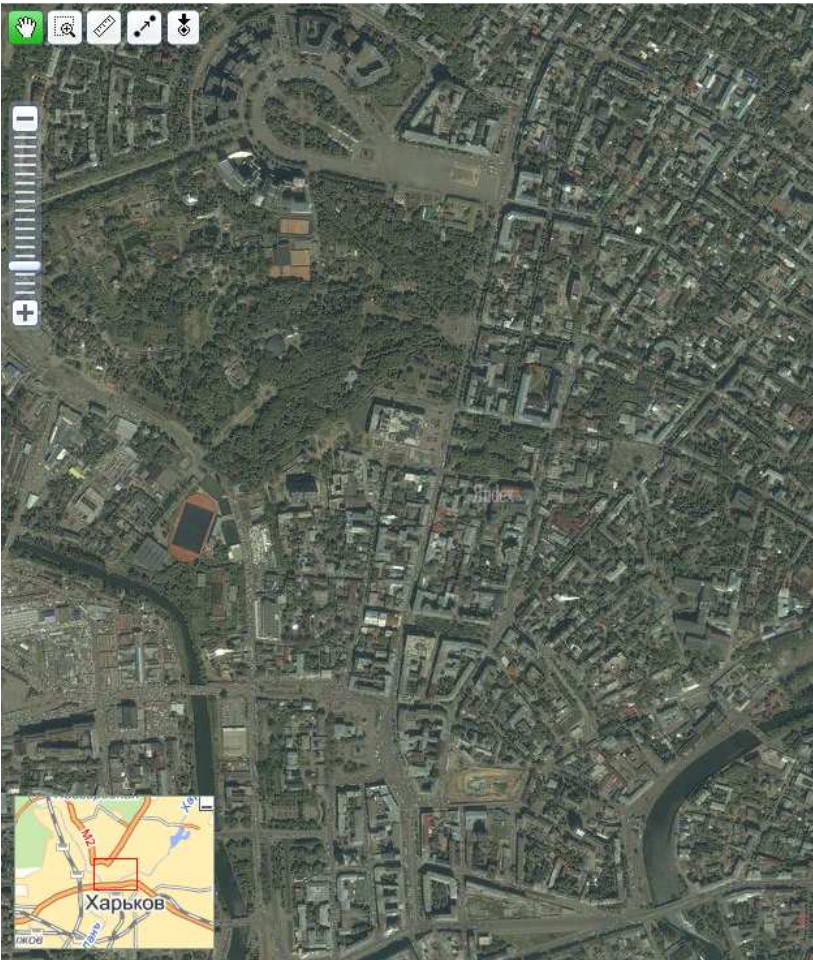


Рис. 4.6 – Детальне фото досліджуваного району. Вид з космосу (супутникова зйомка)

Основними вимогами при підготовці растрових картографічних матеріалів для створення цифрових карт є:

- обсяг інформації;
- дискретність сканування;
- достатня (оптимальна) колірна передача.

Геоінформаційні технології розширили погляд на карту. Замість статичного рисунку, карта стала тепер рухливим зображенням просторових даних. Карта – це графічне представлення просторових даних.

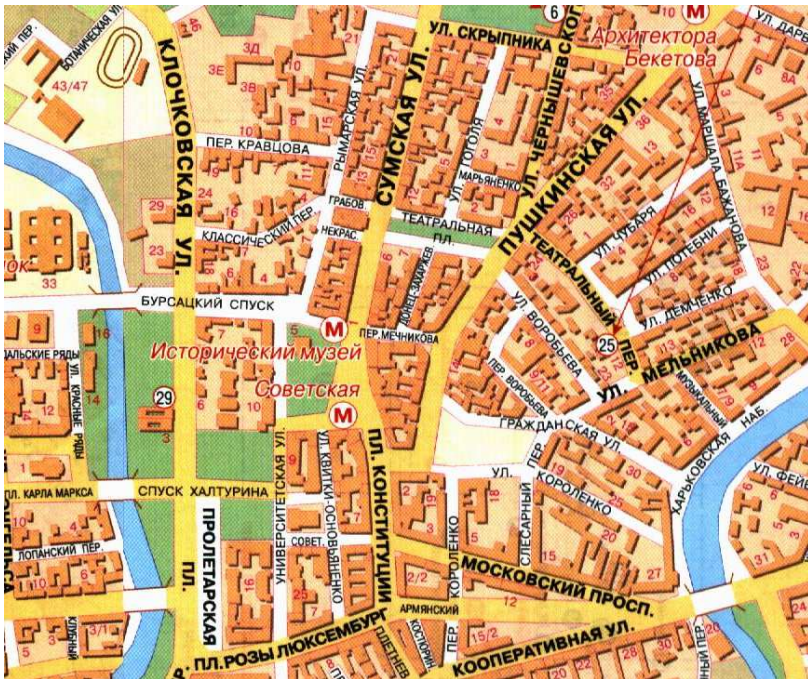


Рис. 4.7 – Детальна карта досліджуваного району, що існує (те ж саме, що й попереднє фото). На жаль, вона пласка, тобто двомірна і

(внаслідок відсутності третього виміру – тобто висоти) непридатна для побудови просторової 3D картини розповсюдження шуму.

Щоб бути ефективною, карта повинна бути візуально привабливою. Принципи графічного дизайну – компоновка, пропорція, баланс, позначення й шрифти – прикладені до карт у тому ж ступені, що й до інших типів ілюстрацій. Карта служить посередником між географічними даними й нашим сприйняттям. Карта є представленням просторових даних, це погляд на географію для певного класу користувачів.

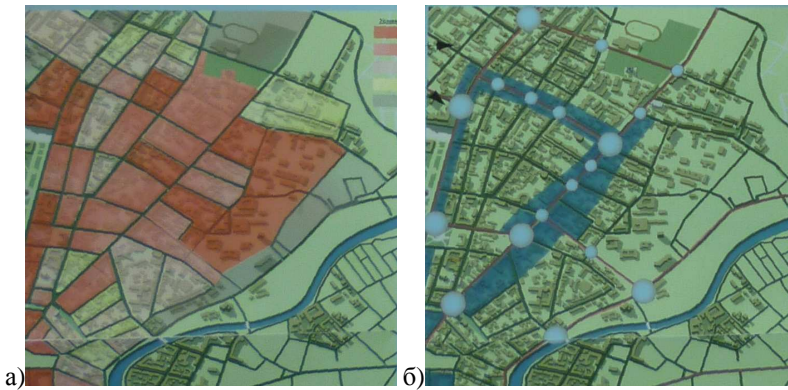


Рис. 4.8 – Аналіз досліджуваної території:

а) аналіз пам'ятників архітектури;

б) схема існуючої просторової організації територій підвищеної соціальної активності

4.4. Створення цифрової моделі рельєфу в пласкому (2D) й у тримірному (3D) вигляді. Векторні карти

Оскільки рельєф місцевості грає велике значення при побудові карт шуму, особливо просторових, логічно почати нашу роботу зі складання цифрової векторної топографічної карти місцевості. Вона може з'явитися підосновою для подальшої роботи.

Вихідними даними для цього є:

- Планшети карти М 1:10000;
- Аерофотознімки й знімки з космосу;
- Додаткова інформація.

У даному проекті було використано також 16 планшетів карти масштабу 1:2000, як підоснова для побудови цифрових тематичних карт.

Послідовність робіт наступна:

1. Переведення картографічного матеріалу в цифровий вигляд.
2. Редагування ізоліній в ArcInfo для складання рельєфу.
3. Надання відміток висот задля горизонталей.
4. Створення так званого TIN рельєфу.

5. Створення зображення формату grid.

6. Виконання математичних розрахунків функції з застосуванням створених зображень формату grid.

Спочатку роблять векторизацію растрового зображення з використанням модуля Arc Scan (рис. 4.9). Arc Scan – це додатковий модуль ArcGIS, розроблений для автоматизованого перетворення растрових даних у векторні. Цей простий у використанні продукт є набором потужних команд і інструментів для подання паперових карт в цифровому форматі. Геоінформаційна система Arc/Info підтримує велику кількість додатків, одним з них є «Екологічний моніторинг, оцінка й прогнозування стану навколишнього середовища»



Рис. 4.9 - Застосування модулю Arc Scan для переведення картографічного матеріалу в цифровий вигляд

Здійснюють створення даних формату Coverage у програмному продукті Arc/Info. Процес створення даних у форматі Coverage включає в себе два етапи:

- 1) перетворення зображення формату TIFF в GRID, з використанням команди `imagegrid`;
- 2) перетворення зображення формату GRID у формат даних Coverage з використанням команди `gridline`.

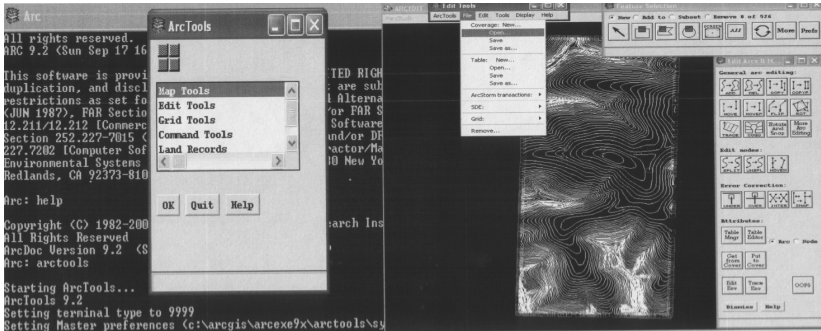


Рис. 4.10 - Створення даних формату Coverage здійснюється з використанням команд: `Imagegrid <in_image> <out_grid>` `Gridline <in_grid><out_cover>`

Далі здійснюють конвертацію даних формату Coverage в Shapefile.

FID	Shape	FNODE	TNODE	LPOLY	RPOLY	LENGTH	ITOG	ITOG ID	NEIGHBARS
24	Polyline	162	175	1	1	183,62179	25	0	198
25	Polyline	171	169	1	1	162,33612	26	0	164
26	Polyline	161	177	1	1	307,40331	27	0	197
27	Polyline	21	37	1	1	639,21396	28	0	165
28	Polyline	174	170	1	1	221,07763	29	0	166
29	Polyline	80	178	1	1	332,27672	30	0	202.5
30	Polyline	10	33	1	1	913,42211	31	0	167
31	Polyline	90	82	1	1	1190,09539	32	0	204
32	Polyline	159	180	1	1	486,49875	33	0	196
33	Polyline	34	11	1	1	942,75351	36	0	168
34	Polyline	22	184	1	1	534,90832	38	0	179
35	Polyline	54	185	1	1	338,60162	39	0	188
36	Polyline	35	9	1	1	987,58605	40	0	169
37	Polyline	158	189	1	1	695,05281	41	0	195
38	Polyline	8	191	1	1	566,23499	42	0	170
39	Polyline	64	192	1	1	562,42526	44	0	179
40	Polyline	155	193	1	1	809,52018	46	0	194
41	Polyline	81	91	1	1	1404,01938	49	0	203
42	Polyline	154	195	1	1	943,88433	50	0	193
43	Polyline	5	190	1	1	692,42546	51	0	173

Рис. 4.11 - Shapefile - формат векторних даних, призначений для зберігання місць розташування, форми й атрибутів географічних об'єктів

Для зберігання й відображення моделей поверхні використовують структуру векторних даних TIN - нерегулярна триангуляційна мережа (Triangulated irregular network).

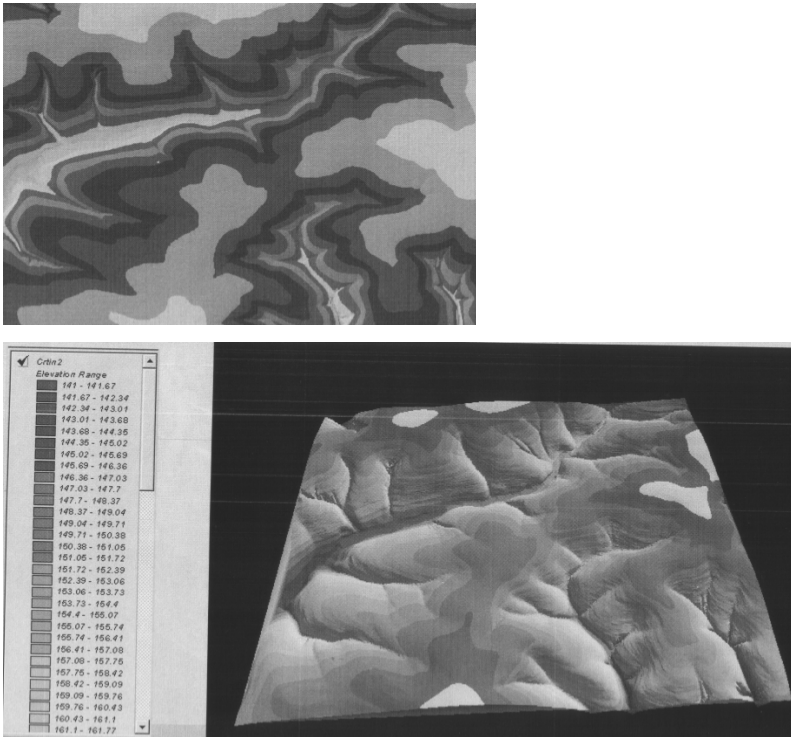


Рис. 4.12 - Створення TIN рельєфу

Вбудована в ArcMap функціональність надає широкі можливості встановлення зв'язків карт з різноманітною інформацією – наприклад, фото, таблицями, даними (функція Hot Link)

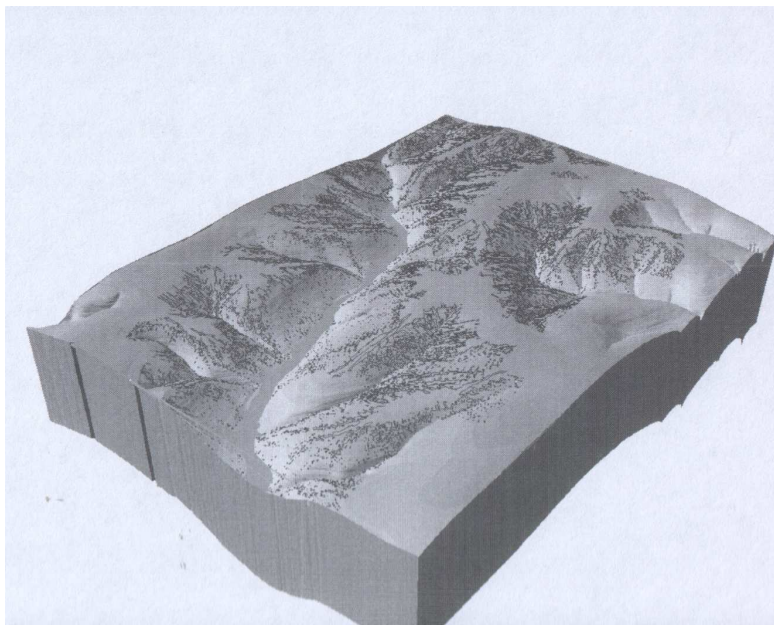


Рис. 4.13 – Модель рельєфу місцевості в тривимірному (3D) вигляді

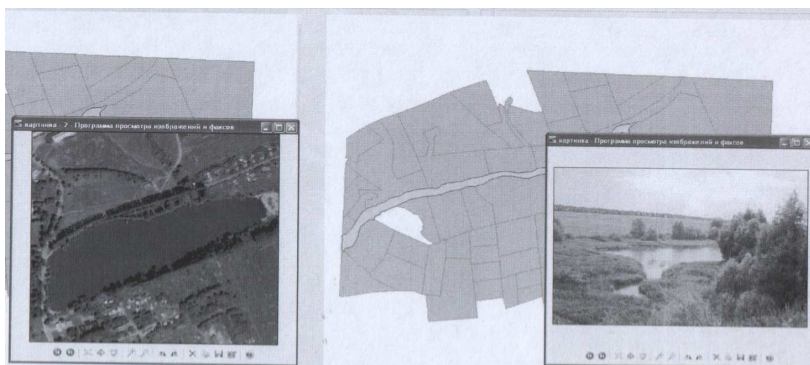


Рис. 4.14 – Створення Hot Link для одного з шарів



Рис. 4.15 – Arc Scene - дозволяє користувачеві створювати перспективні оглядові сцени, де можна управляти відображенням і взаємодіяти з даними ГІС

5. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ

5.1 Огляд існуючих методів вимірювання шуму

Шум, створюваний транспортними засобами на магістральних вулицях і дорогах міст, є одним з основних техногенних чинників шкоди навколишньому середовищу, що здійснює несприятливу дію на населення. Заходи щодо захисту від шуму, через найпоширеніше розповсюдження зон дії даного чинника на території будь-якого сучасного міста, є невід'ємною частиною діяльності з забезпечення комфортних і безпечних умов мешкання його жителів.

Проте для того, щоб боротися з шумом, планувати і здійснювати будь-які шумозахисні заходи, необхідно мати картину його розповсюдження в міській забудові. Таким чином, виникає необхідність у картографуванні шумового режиму.

Карти шуму вулично-дорожньої мережі складаються на поточний період, розрахункові й перспективні терміни повинні входити до складу проектної документації при

розробці техніко-економічних основ розвитку міста, генерального плану міста, проектів детального планування його районів і схем санітарно-гігієнічної оцінки існуючого і прогнозованого стану навколишнього середовища. Карти шуму служать основою для оцінки існуючого й прогнозованого шумового режиму на вулицях і дорогах і примігистральних територіях міста, а також для розробки організаційно-адміністративних, архітектурно-планувальних і будівельно-акустичних заходів щодо зниження транспортного шуму. Карти шуму розробляються відповідно до завдання головного архітектора міста й повинні узгоджуватися органами санітарного нагляду й затверджуватися міськвиконкомом.

Карти шуму промислових підприємств, селитібною зоною й окремих джерел шуму складають у вигляді епюри рівнів звуку по межі підприємства або епюри по лінії забудови об'єкту. Частіше такі карти шуму (рис. 3.1) представляють лініями, що сполучають точки з однаковими рівнями звуку, вираженими в дБА. Якщо джерела шуму на досліджуваному об'єкті або промисловому підприємстві некогерентні по потужності і в часі (що має місце в загальному

випадку), то карти шуму будуються для різних поєднань характеристик роботи цих джерел.

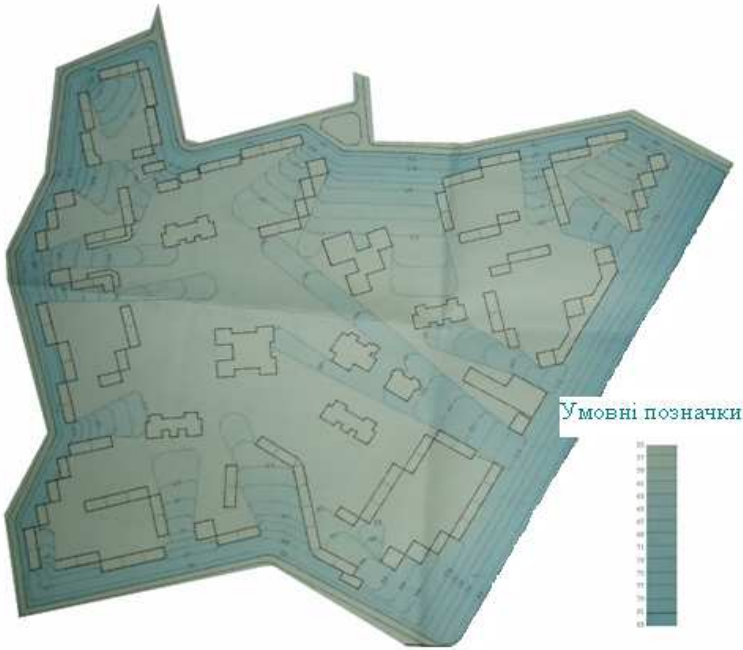


Рис. 5.1 - Приклад карти шуму для одного з мікрорайонів

Слід помітити також, що в сучасних містах одним з основних і найістотніших джерел шуму є транспорт, той, що рухається по вулицях. Отже, в першу чергу, карти шуму повинні бути прив'язані до транспортних магістралей. Слід враховувати, що під поняттям «транспортні магістра-

лі», (окрім автомобільних), можуть матися на увазі також траси авіаційних польотів над селітбною зоною міста (літаки –найпотужніше джерело аеродинамічного шуму). Також, але в набагато меншому ступені, на формування карт шуму впливають промислові зони міста.

Як же побудувати вищезгадану «карту шуму»?

Для побудови карти шуму в просторі необхідно у вибраній системі визначити координати всіх джерел шуму й розрахункових точок, а також об'єктів, здатних зробити вплив на характер розповсюдження звукових хвиль. Рівень звуку джерела визначається натурними вимірюваннями, паспортними або довідковими даними.

Для дослідження формування й розповсюдження транспортного шуму все більше визнання одержують методи фізичного, аналогового й математичного моделювання. Під моделлю в цьому випадку розуміється така система, що представляється або матеріально реалізована. Вона, відображає або відтворює об'єкт дослідження, і здатна заміщати його так, що її вивчення дає нову інформацію про цей об'єкт.

Фізичне моделювання застосовують для визначення зниження шуму при його розповсюдженні від джерела

шуму (яке імітує транспортний потік) в складній композиції перешкод (міська забудова) і в умовах, коли традиційні методи розрахунку мало придатні. Розповсюдження шуму в цьому випадку вивчають не в натурі, а на моделі меншого масштабу на акустичних полігонах.

Математичне моделювання з використанням натурних досліджень зміни рівнів звуку автомобілів у різних дорожніх умовах, характеру розповсюдження шуму від одиночних автомобілів, одержаних на основі натурних вимірювань або на фізичних моделях, положень теорії транспортних потоків, дозволяє досліджувати характеристики транспортного шуму і його розповсюдження в реальних дорожніх умовах.

Карту шуму на стадії генерального плану рекомендується складати на копії основного креслення генерального плану міста. Там повинні бути нанесені наступні дані: трамбування вулично-дорожньої мережі, транспортні вузли, характеристика руху й складу транспортних потоків (інтенсивність руху в обох напрямках, частка числа вантажних і громадських транспортних засобів у загальному числі транспортних засобів у потоці, середня швидкість руху) на кожній ділянці вулиць і доріг в часи пік середніх діб тижня

літнього періоду року, значення подовжніх ухилів проїжджої частини на кожній ділянці вулиць і доріг, межі функціональних зон, районів і територій міста.

Характеристики руху й складу транспортних потоків слід визначати за картограмами автомобільних потоків, а значення подовжніх ухилів проїжджої частини вулиць і доріг на підставі плану червоних ліній.

Таким чином, треба будувати карти шуму на базі розрахунків транспортних потоків. Кінцевим висновком такого підходу, як правило, є не еквівалентність прогнозованих результатів з реальними.

Проте, цей шлях побудови карт шуму має цілий ряд недоліків. Одержати аналітичне рішення формування характеристик транспортного шуму у вигляді єдиного рівняння для всіх характеристик транспортного потоку й дорожніх умов не вдається. Спрощення завдання приводить до неприпустимо грубих результатів. Від аналітичного дослідження кількісних характеристик формування транспортного шуму доводиться відмовлятися і переходити до інших способів використання математичної моделі.

При побудові імітаційної моделі формування транспортного шуму модель повинна бути якомога гнучкішою, і без значних додаткових змін добре описувати будь-які дорожні умови (продовження дороги в плані й подовжньому профілі, зміна типу дорожнього покриття і характеру розповсюдження шуму), Також вона повинна відповідати основним закономірностям руху транспортних потоків (розподіл автомобілів по смугам руху), функції розподілу інтервалів і швидкості руху автомобілів.

Потік автомобілів і комплекс умов, у яких він рухається, є типовим прикладом складної системи, що характеризується: наявністю великого числа взаємозв'язаних і взаємодіючих між собою елементів; складністю функції, виконуваної системою; можливістю розбиття системи на підсистеми; наявністю управління; наявністю взаємодії із зовнішнім середовищем і функціонуванням в умовах дії випадкових чинників.

Типовим методом дослідження складних систем є їх моделювання на ЕОМ з використанням імітаційних моделей.

Ця робота не є виключенням: у ній пропонується принципово нова методика прогнозування шумового ре-

жиму, заснована на обліку просторової форми створюваних хвильових фронтів. Роль моделювання повинна зводитися до розширення, доповнення, інтерполяції даних натурального експерименту.

Свого часу було запропоновано методику моделювання процесів розповсюдження шуму, засновану на обчисленні співвідношення площ хвильових фронтів від одного й того ж джерела, обчислених на різній відстані від нього [56]. Показано (рис. 3.4, що наведений раніше, та рис. 5.2), що при визначених умовах формули видозмінюються в звичні залежності спаду звукової енергії залежно від відстані: формулу квадратичної залежності спаду інтенсивності від точкового джерела (6 дБ при подвоєнні відстані) й спад інтенсивності пропорційно відстані від лінійного джерела (3 дБ при подвоєнні відстані). Для того, щоб охарактеризувати хвильовий фронт, потрібно пригадати, що це – безліч точок поверхні, що знаходяться в один і той же момент часу в однакових фазах. Одне вимірювання в одній контрольній точці «змальовує» всього одну з вищезазначеної «безлічі точок поверхні...»; щоб вимальовувати весь фронт у всій його тривимірній об'ємно-просторовій структурі, необхідно зробити вимірювання в кожній з точок да-

ної «множини...». Це принципово неможливо, бо вимагає $10n$ ступеня контрольних точок, де n – саме по собі астрономічне число, але це і не потрібно: бо, якщо можна охарактеризувати хвильовий фронт за декількома контрольними точками, що знаходяться на його поверхні (за даними безпосередніх натурних вимірювань), а інші добудувати шляхом математичного моделювання - ось вона і є в цьому вся математична модель.

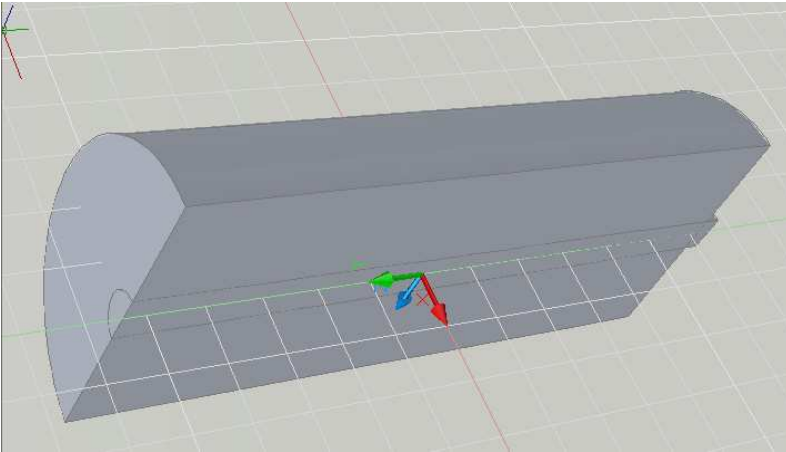


Рис. 5.2 - Хвильові фронти від лінійного джерела

Запропонована тут методика математичного моделювання розглядається як доповнення до результатів натурних досліджень.

Побудувавши такі фронти й обчисливши співвідношення площ даних фронтів можна визначити шуканий рівень звуку на будь-якій відстані від джерела.

Широке розповсюдження в містобудівному проектуванні в усьому світі протягом багатьох останніх років для оцінки шумового режиму територій мають карти шуму на площині. Проте такі карти недостатньо точно визначають межі зон акустичного дискомфорту, що мають двовимірне вимірювання. Просторові карти шуму дозволяють визначити не тільки зони, але й області шумової дії будь-яких джерел, як окремих, так і цілих груп. Отже, використання просторових карт значно підвищує точність розрахунків при аналізі шумової обстановки навколо джерел. Просторові карти шуму можуть бути сукупністю ліній однакових рівнів звуку (причому не тільки виміряних, але й нормативних) для об'єктів у оточенні джерела шуму в декількох площинах, паралельних поверхні землі (подібно картографічному зображенню рельєфу поверхні). Відстань між площинами може бути обрано залежно від бажаного ступеня точності вирішуваної задачі. Відмітка висоти може бути вказана в розриві такої лінії.

Запропонована модель акустичних процесів, що базується на уявленнях про форму й площу хвильових фронтів, якраз і є такою тривимірною, просторовою моделлю. Погляд на фігуру в сітці осей координат може бути здійснений з будь-якого напрямку.

Для побудови карти шуму в просторі необхідно у вибраній системі визначити координати всіх джерел шуму й розрахункових точок, а також об'єктів, здатних зробити вплив на характер розповсюдження звукових хвиль.

Частково ці дослідження можна розглядати, як спосіб перевірки на практиці справедливості тієї або іншої математичної моделі процесів розповсюдження шуму на території міста. Виходячи з назви самої роботи, основний упор був зроблений саме на натурні вимірювання шумового режиму нагірного району міста Харкова. Тому перейдемо до методики проведення акустичних вимірювань.

5.2. Технологія збору даних щодо моніторингу шумового забруднення міської території

5.2.1 Використовувані вимірювальні прилади

В якості вимірювальної апаратури використано портативний (кишеньковий) шумомір китайського виробництва.

Він володіє безліччю функцій, з яких використовувалися наступні:

- вимірювання рівня звуку, дБА, коригованого за стандартизованою шкалою А з урахуванням різного сприйняття слуховим аналізатором людини звуків різних частот;
- можливість спектрального аналізу звуку: октавний спектр для всіх без виключення вимірювань представлявся графічно як для нормованих смуг у 31,5; 63; 125; 250; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц; так і в ненормованих смугах 16 і 16000 Гц;
- індикація щонайвищих пікових значень флуктуацій рівня в кожній октавній смузі (верхня риска типу – над стовбчастою індикацією миттєвих значень у кожній октавній смузі);
- максимум випромінювання (пікова кількість дБ на піковій частоті, Гц), який не є нормованим, але достатньо цікавий з наукової точки зору.

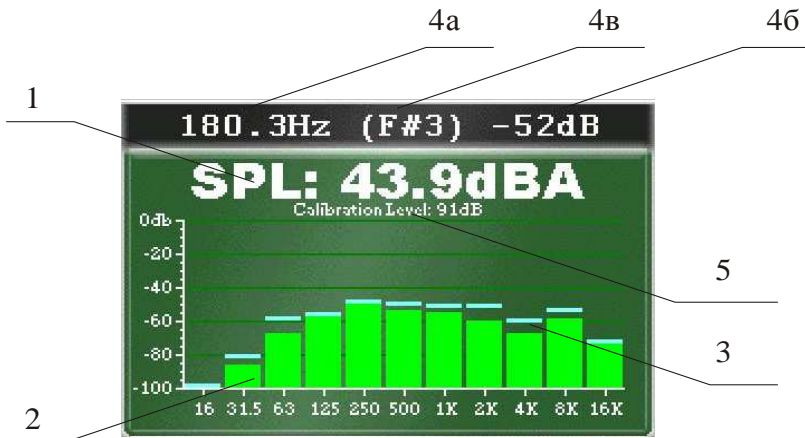


Рис. 5.3 - Знімок з екрану кишенькового шумоміра (з позначенням графічного відображення виконання вказаних вище функцій при вимірюванні)

1. Індикатор рівня звуку; SPL - (Sound Pressure Level), - рівень звуку, скоригований за шкалою корекції А (особливості сприйняття звуку різних частот), показує виміряний рівень у дБА. Основний показник, що підлягає контролю.

2. Аналізатор спектру: має осі координат, які градуйовані в Гц (ось абсцис) і в дБ (ось ординат). По осі абсцис відкладаються середньогометричні частоти октавних смуг частот (вони для кожної з октав стандартизовані). Українськими нормативними документами регламентовані смуги,

починаючи з 31,5 Гц до 8000 Гц; використовуваний прилад має ширші межі вимірювань і працює також у октавах 16 Гц і 16000 Гц. По осі ординат – рівні звукового тиску в дБ: чомусь відкладаються за стобальною шкалою і додатково в зворотному порядку. «-100 db» на початку відліку при цьому відповідає в реальності «нашим» 0 дБ; «0 db» відповідає реальним 100 дБ. Це не дуже зручно і, напевно, повинне якось перемикатися в нормальний вигляд, але через недостатній обсяг відомостей в документації приладу перемкнути зворотну індикацію на пряму не вийшло. При роботі приладу в кожній октавній смузі у вигляді зеленого стовпчика, що світиться, відображається виміряний рівень звукового тиску в ній, виражений в дБ. Аналіз спектру у вигляді стовпчиків показує миттєві значення рівнів.

3. Індикатор найвищих пікових значень флуктуацій рівня в кожній октавній смузі, досягнутих у ході вимірів раніше. Аналіз спектру у вигляді верхніх рисок типу « - » показує максимальні значення. Таким чином, у одній тій самій площині координат одночасно візуалізуються два графіки – спектр шуму, побудований за миттєвими значеннями; і спектр шуму, побудований за максимальними значеннями.

4.) Відображає максимум випромінювання: L_{\max} - максимальний рівень звукового тиску, дБ у процесі вимірювання на певній частоті f , Гц (5.4а). Цей параметр не відноситься до нормованих, але представляє особливий інтерес з погляду вивчення звуку. Через технічні особливості приладу L_{\max} (5.4б) відображається за стобальною шкалою в зворотному порядку, тобто «-52dB» з (рис. 5.3) насправді є $100 - 52 = 48$ дБ. Таким чином, смужку верхнього транспаранта з (рис. 5.4) насправді слід читати так: «Максимум випромінювання звуку зафіксований на частоті 180,3 Гц і складає 48 дБ». Напевно, якимсь чином можливо перемкнути індикацію (5.4б) із зворотного відліку за стобальною шкалою на прямий звіт: (тобто, щоб відразу показувалося «+48dB» замість «-52dB» на рис. 5.4), - проте, ніяких вказівок до цього в технічній документації приладу немає. (5.4в) - указує назву октави й порядковий номер третьоктавної смуги в ній. Ці дані (5.4в) в експериментах ніяк не використовувалися; в описі приладу ніяких відомостей щодо інформації по поз. 4в просто немає.

5. Підпис “Calibration level: 91 dB” (дрібними буквами) є чисто службовою інформацією, призначеною для індикації режиму настройки: (калібрування приладу) і в безпосе-

редніх вимірюваннях ніяк не використовується. Можливо, її можна якось відключити, - але ніяких вказівок з боку заводу - виготовника, як це зробити не знайшлося.

Крім того, використовуваний шумомір володіє безліччю інших функцій, з яких можна виділити наступні:

- Можливість не тільки октавного, але й третьоктавного (рис. 5.4.а) й навіть 1/6-октавного (рис. 5.4.б) аналізу спектру.

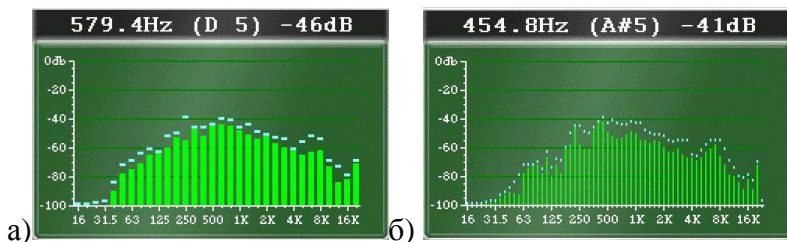


Рис. 5.4 - Перемикання дисплея на індикацію третьоктавного (а) і 1/6-октавного (б) аналізу спектру.

Поз. 1 з попереднього рис. 5.3 при цьому чомусь не візуалізується, вся решта елементів і шкал від рис. 5.3 повністю співпадають з аналогічними елементами рис. 5.4.

- Можливість відображення свідчень у вигляді логарифмічної шкали (з одночасним максимальним розширенням меж вимірювань до максимуму).

На цьому не закінчуються надзвичайно широкі можливості приладу. Висвітлення інших функцій не входить до завдання проведених досліджень.

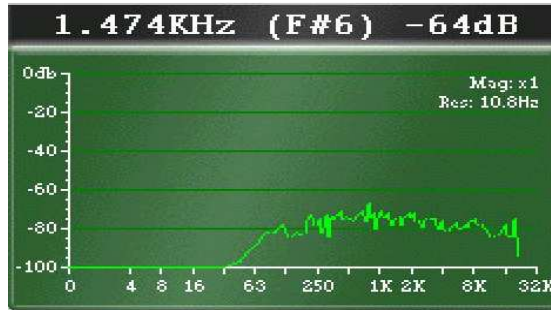


Рис. 5.5 - Той же спектр, але тільки відкладений в логарифмічному масштабі.

Ось абсцис (частоти) при цьому градується, починаючи з 0 Гц (інфразвук), і закінчується 32 кГц (ультразвук). Поз. 1 з попереднього рис. 5.4 при цьому не візуалізується, вся решта елементів і шкал від рис. 5.4 повністю співпадають з аналогічними елементами рис. 5.5.

Що таке “Mag: x1”, - невідомо (ніяких відомостей в документації з цього приводу немає). “Res: 10,8 Hz”, ймовірно, визначає роздільну здатність смуги: (“Res” переводиться як “Resolution”: «Роздільна здатність: починаючи з 10,8 Гц»?) У будь-якому випадку, це не важливо, вказані

параметри як умови або кінцеві результати вимірювання рівня шуму не фігурують.

5.3. Оптимізація об'єктів дослідження

Як вже не раз говорилося, місцем нашого дослідження стала ділянка території, розташована в Нагорному районі міста Харкова, в самій центральній його частині. Тут нами проводилися натурні виміри шуму, моделювання, їх зіставлення й доповнення, та картографування шумового режиму.

Картографічною підосновою наших досліджень послужив план місцевості в цифровому вигляді, введений в ліцензійне програмне забезпечення ArcGIS. Вихідні дані задля моніторингу шумового забруднення в комп'ютерному вигляді були розподілені за так званими "тематичним шарам": створені шари "Будівлі"; "Вулиці"; "Квартали" із таблицями атрибутів для них.

Після первісної камеральної підготовки й планування експерименту приступили до натурних вимірів.

Кількість вимірних значень шуму складає 1200, з яких вечірні - 450, та денні - 750 вимірів.

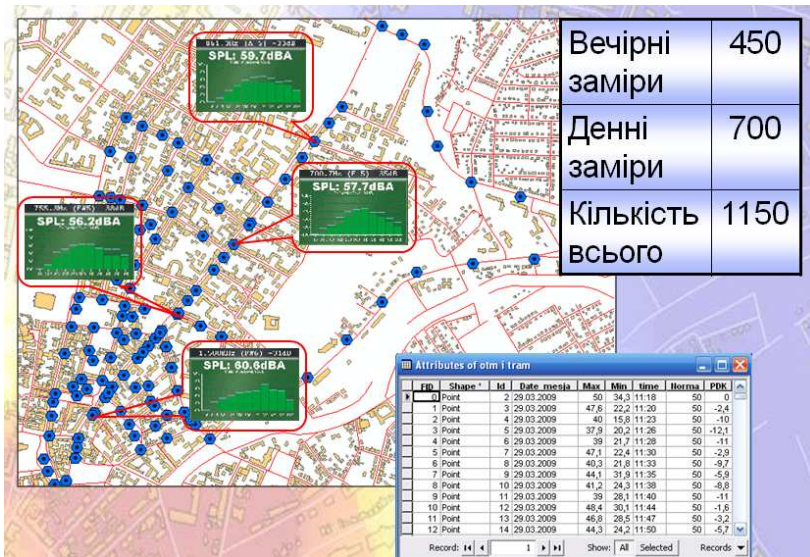


Рис. 5.6 - Тематичний шар “Заміри”

Перші ж виміри показали значний внесок шумового забруднення від трамваю в загальний шумовий фон міста. Тому було вирішено розподілити одержані значення на дві групи: 1 - шум від трамваю; 2- автомобільний шум. Фізичний сенс такого розподілу полягає в тому, що спектри шуму від рейкового й автомобільного транспорту суттєво відрізняються один від одного.

Слід відзначити, що рішення про такий розподіл було прийнято експериментатором ще до наступних об'єктивних подій в житті міста. Рух трамваю навесні 2009 р. на вул. Пушкінській ще існував; маршрути № 5 й № 7 на той час ще діяли.

З даних вимірів наочно випливає, що трамвай вносить найбільший внесок в шумове забруднення на перехрестях вул. Пушкінській і вул. Гіршмана; вул. Пушкінській і вул. Червонопрапорна, та ін.

Виміри шуму від трамваїв на вул. Пушкінській були проведені в останні тижні та дні існування трамвайного руху по цій вулиці.

Зараз трамвайні колії з вул. Пушкінської демонтовані, вулиця повністю віддана автомобільному транспорту і повторити наші виміри шуму від трамваїв просто фізично неможливо. Отже, наші виміри шуму є останніми в історії вимірами шуму від трамваїв на цій вулиці. Можна оцінити їхній внесок та зробити висновок про обґрунтованість / необґрунтованість припинення трамвайного руху за фактором шуму.

Рис. 5.7 надає уяву про розподіл спектрів шуму за контрольними точками на території вулиці.

Фактичні рівні фонового шуму коливаються в межах 43-56 дБА, тому слід зробити висновок про те, що навіть повне закриття автотранспортного руху по вулиці не завжди надає ефект зниження шуму до вимог діючих санітарних норм.



Рис. 5.7 - фоновий шум вулиці Пушкінській без внеску основних джерел

Також на рис. 5.7 наочно видимий спад інтенсивності звукової енергії залежно від відстані (три ряди вимірюваних спектрів у нижній частині рис. 5.7, розташовані один під одним).

Для аналізу даних та вирішення різноманітних просторових задач був використаний вбудований модуль ArcGIS

Spatial Analyst, який включає в себе три метода інтерполяції поверхонь: Кригінг, Сплайн та IDW.



Рис. 5.7 - Те ж, що й попередній рис. (фоновий шум вулиці Пушкінській без внеску основних джерел)

Функції поверхонь використовують для надання растрових наборів даних у вигляді поверхні висот, концентрацій, або визначеної величини (в даному випадку - шумового забруднення).

Аналізуючи всі вище перелічені методи побудови об'ємних поверхонь, можна зробити висновок, що найбільш зручним для тематичного шару "Заміри" є метод Кригінг, а саме Ординарний Кригінг, що базується на положенні про те, що постійне середнє значення невідоме.

Застосування цього методу має більше сенсу ніж інші, тому що він обробляє дані не за напрямками, а за площею.

Задля виконання завдання моделювання шумового забруднення від трамваю були побудовані дві поверхні методом IDW. Вони побудовані для шару "Заміри" як з врахуванням внеску шуму трамваїв, так і без нього.

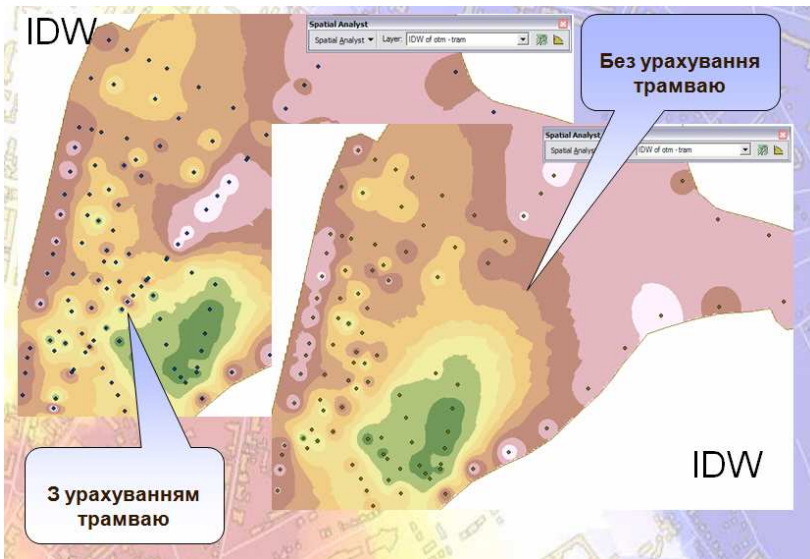


Рис. 5.8 - Побудова поверхні методом IDW

Метод зворотно зважених відстаней IDW оснований на принципі - чим ближче розташовані об'єкти, тим більш вони походять один на одного. Цей метод вираховує значення комірки по середньому від суми значень точок вимірювань. Найбільш оптимальним для тематичного шару "Трамвай" є метод IDW, тому що вплив значення вимірної перемінної убуває зі збільшенням відстані від точки виміру шуму трамваю.

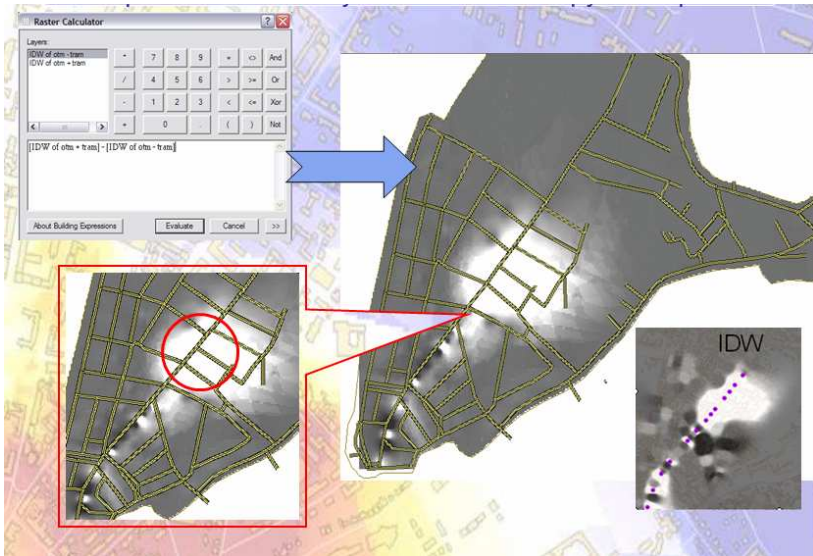


Рис. 5.9 - Створення моделі шумового забруднення шару "Трамвай" з застосуванням ГІС - інструментарію

У результаті застосування методів картографічної алгебри, за допомогою функції калькулятора растрів, було одержано модель шумового впливу трамваю на міське се-

редовище. Зони акустичного дискомфорту були виявлені та візуалізовані на карті шуму; вони позначені білим кольором. Також адекватним чином було вивчено сучасне становище (тобто шумовий режим тієї ж самої території при відсутності трамваю).

Задля подальшого аналізу шумового забруднення центру міста методом IDW було побудовано внутрішньоквартальне зображення шумового забруднення. На ньому рожевим кольором були відзначені шумові зони, де норми порушені, а зеленим кольором - зони акустичного комфорту. Зона акустичного комфорту існує, вона має практично сталу межу території. Такими зонами, наприклад, є місце розташування ХНАМГ, вул. Потебні та ін. Слід відзначити, що порівняння інтерполяційних методів показало сталу зону акустичного комфорту на міській території, яку ми умовно назвали "тихий центр". Він знаходиться всередині кварталів вул. Революції, Бажанова, Потебні, Чубаря, Демченко.

Також на підставі плоских двумірних даних методом IDW у рамках шару "Кwartали" було побудовано поверхню внутриквартального шуму. Основним показником при її побудові послужило відхилення від нормативного рівня звуку.

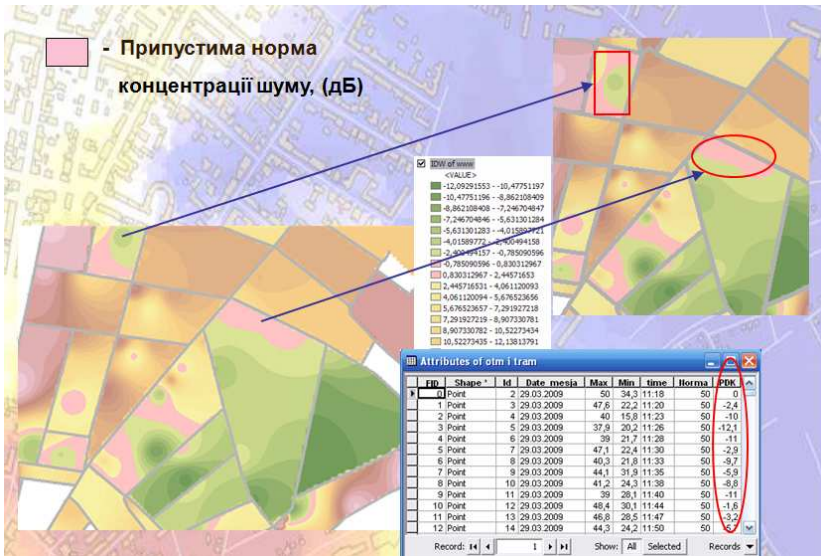


Рис. 5.10 – Так званий «тихий центр» Харкова

Рожевим кольором позначені зони, що відповідають нормативним значенням, а зеленим кольором показані найбільш сприятливі зони шумового комфорту. Цими зонами є район ХНАМГ і прилегла до нього територія, що обмежена вулицями Революції та Бажанова, а також внутрішньоквартальна територія, обмежена вул. Мельнікова і Дарвіна, вул. Потебні, Чубаря, й частково - вул. Чорнишевського.

Проектування було багатоваріантним; розглядувалися, розраховувалися й будувалися різноманітні можливі варіанти побудови карти шуму.

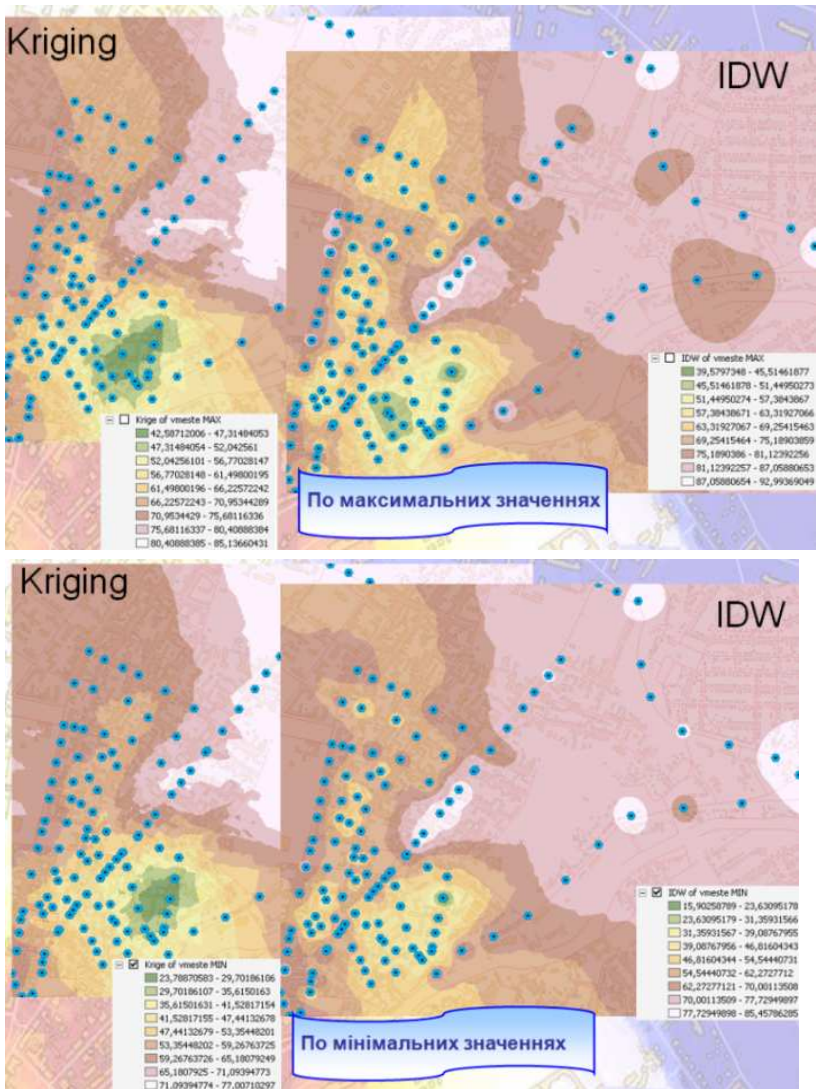


Рис. 5.11 - Порівняння методів IDW і Kriging на прикладі шару “Заміри”

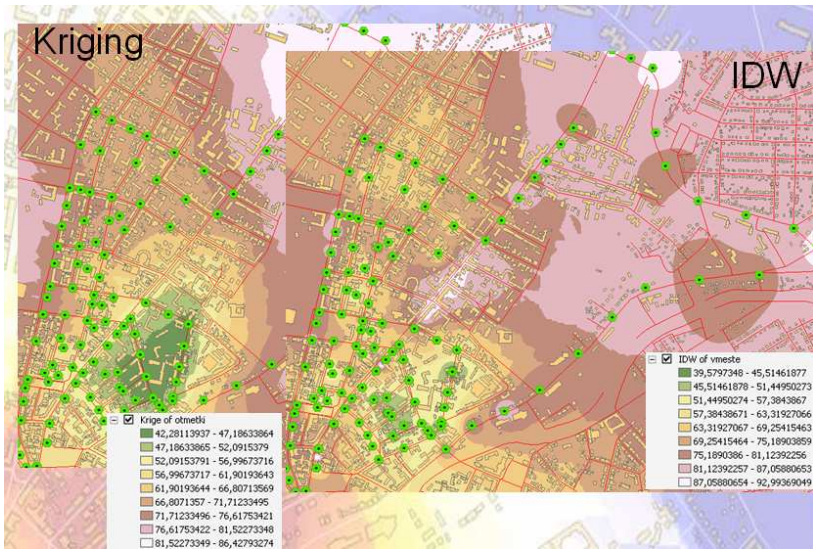


Рис. 5.12 - Порівняння методів IDW і Kriging на прикладі растру “Відмітки” без урахування трамваю

6. МОДЕЛЮВАННЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІЇ ЗАСОБАМИ ГІС

6.1. Створення базових наборів даних шумового забруднення міського середовища

Цифрова карта – цифрова модель земної поверхні, сформована з урахуванням законів картографічної генералізації в прийнятих для карт проекціях, розграфці, системі координат і висот.

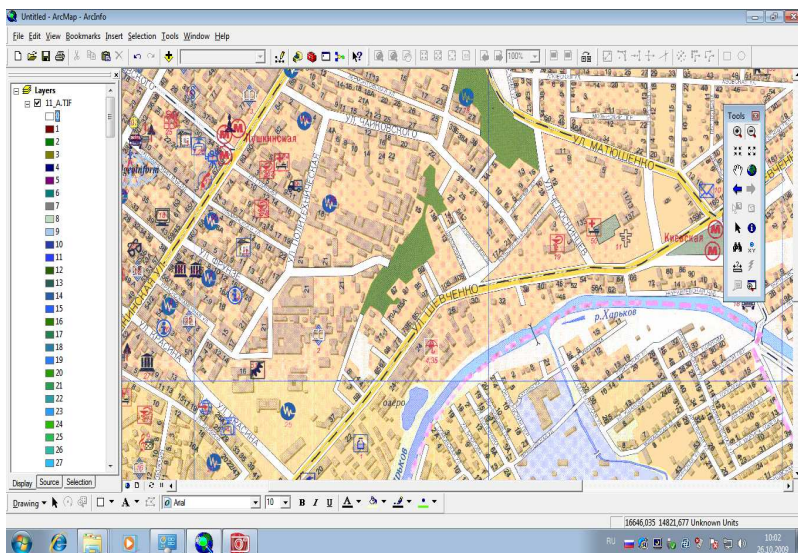


Рис. 6.1 – Досліджувана територія в ArcMap 9.3

Одним з важливих етапів створення цифрових карт є оцифрування картографічної інформації.

Оцифрування – це:

– процес аналого-цифрового перетворення даних, тобто переклад аналогових даних у цифрову форму, доступну для існування в цифровому машинному середовищі;

– у геоінформатиці, комп'ютерній графіці й картографії: перетворення аналогових графічних і картографічних документів (оригіналів) у форму цифрових записів, відповідних векторним представленням просторових об'єктів.

У даному дослідженні шляхом цифрування (векторизації) одержано чотири векторних шари, інформація про які міститься в табл. 6.1

Табл. 6.1 – Векторні шари

Назва шару	Аліас шару	Тип шару	Кількість об'єктів
Build	Будівлі	Polygon	48145
Street	Вулиці	Polyline	22567
Tramvaj	Трамвай	Point	13
Otmetki	Заміри	Point	1115
Otm + tram	Заміри + трамвай	Point	1128

Векторний шар «Будівлі» й таблицю атрибутів до нього представлені відповідно на рис. 6.2 і табл. 6.2:

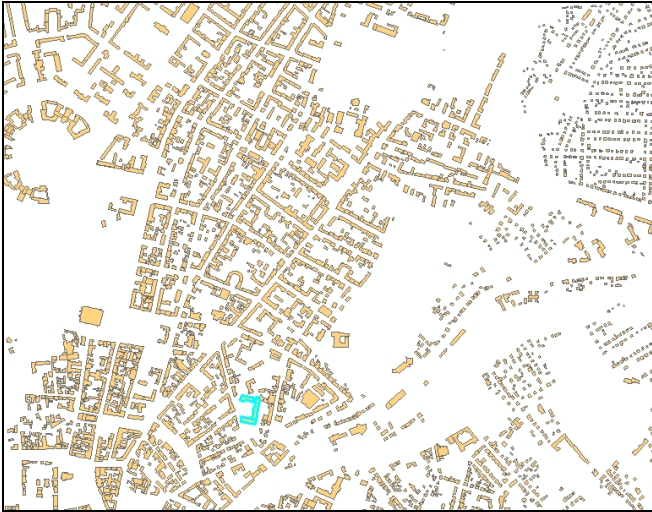


Рис. 6.2 – Шар «Будівлі»

Табл. 6.2 – Таблиця атрибутів шару «Будівлі»

Attributes of building						
FID	Shape	NAME UKR 1	FULLNAME II	TYPE UKR	FLOOR 1	HOMEHO 1
1383	Polygon	Революції	ул. Революции	вул.	2	12
1384	Polygon	Революції	ул. Революции	вул.	3	16
1385	Polygon	Революції	ул. Революции	вул.	5	16
1386	Polygon	Революції	ул. Революции	вул.	4	18
1387	Polygon	Революції	ул. Революции	вул.	7	12
1388	Polygon	Революції	ул. Революции	вул.	7	12
1389	Polygon	Революції	ул. Революции	вул.	5	12
1390	Polygon	Революції	ул. Революции	вул.	1	18
1391	Polygon	Мельникова	ул. Мельникова	вул.	2	25
1392	Polygon	Мельникова	ул. Мельникова	вул.	1	27
1393	Polygon	Мельникова	ул. Мельникова	вул.	2	29
1394	Polygon	Мельникова	ул. Мельникова	вул.	1	29
1395	Polygon	Мельникова	ул. Мельникова	вул.	4	2

Векторний шар «Вулиці» й таблицю атрибутів до нього представлені відповідно на рис. 6.3 і табл. 6.3

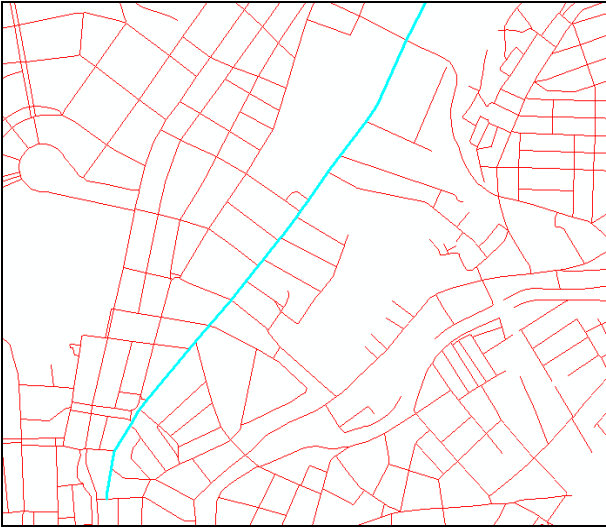


Рис. 6.3 – Векторний шар «Вулиці»

Табл. 6.3 – Таблиця атрибутів шару «Вулиці»

FID	Shape	ID	NAME UKR	TYPE UKR	LENGTH	FULLNAME U
448	Polyline	0	Пушкінський	в-д	325	Пушкінський в-д
449	Polyline	0	Петровського	вул.	825	Петровського вул.
450	Polyline	0	майдан біля юракадемії	*	149	майдан біля юракадемії *
451	Polyline	0	Каразіна	вул.	478	Каразіна вул.
452	Polyline	0	Пушкінська	вул.	5471	Пушкінська вул.
453	Polyline	0	Студентська	вул.	371	Студентська вул.
454	Polyline	0	Студентський	пров.	407	Студентський пров.
455	Polyline	0	Лермонтовська	вул.	683	Лермонтовська вул.
456	Polyline	0	місцевий проїзд	*	97	місцевий проїзд *
457	Polyline	0	Чайковська	вул.	575	Чайковська вул.
458	Polyline	0	Гуданова	вул.	331	Гуданова вул.
459	Polyline	0	Ольмінського	вул.	322	Ольмінського вул.
460	Polyline	0	Фрунзе	вул.	602	Фрунзе вул.

Record: 1 Show: All Selected Records (1 out of 2911)

Векторний шар «Заміри + трамвай» й таблицю атрибутів до нього представлені на рис. 6.4 і табл. 6.4

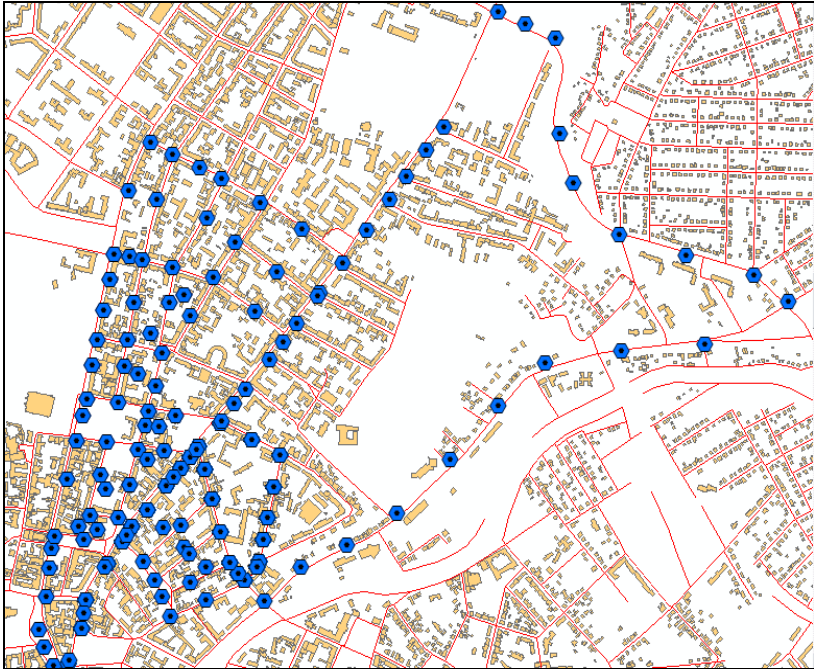


Рис. 6.4 – Векторний шар «Заміри + трамвай»

Табл. 6.4 – Таблиця атрибутів шару «Заміри + трамвай»

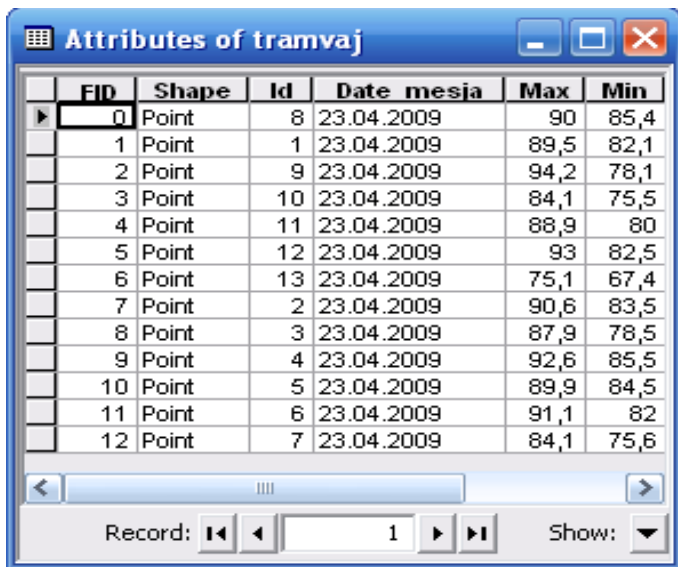
FID	Shape *	Id	Date mesja	Max	Min	time	Norma	PDK
0	Point	2	29.03.2009	50	34,3	11:18	50	0
1	Point	3	29.03.2009	47,6	22,2	11:20	50	-2,4
2	Point	4	29.03.2009	40	15,8	11:23	50	-10
3	Point	5	29.03.2009	37,9	20,2	11:26	50	-12,1
4	Point	6	29.03.2009	39	21,7	11:28	50	-11
5	Point	7	29.03.2009	47,1	22,4	11:30	50	-2,9
6	Point	8	29.03.2009	40,3	21,8	11:33	50	-9,7
7	Point	9	29.03.2009	44,1	31,9	11:35	50	-5,9
8	Point	10	29.03.2009	41,2	24,3	11:38	50	-8,8
9	Point	11	29.03.2009	39	28,1	11:40	50	-11
10	Point	12	29.03.2009	48,4	30,1	11:44	50	-1,6
11	Point	13	29.03.2009	46,8	28,5	11:47	50	-3,2
12	Point	14	29.03.2009	44,3	24,2	11:50	50	-5,7

Векторний шар «Трамвай» і його таблиця атрибутів представлені на рис. 6.5 і табл. 6.5



Рис. 6.5 – Векторний шар «Трамвай»

Табл. 6.5 – Таблиця атрибутів шару «Трамвай»



FID	Shape	Id	Date mesja	Max	Min
0	Point	8	23.04.2009	90	85,4
1	Point	1	23.04.2009	89,5	82,1
2	Point	9	23.04.2009	94,2	78,1
3	Point	10	23.04.2009	84,1	75,5
4	Point	11	23.04.2009	88,9	80
5	Point	12	23.04.2009	93	82,5
6	Point	13	23.04.2009	75,1	67,4
7	Point	2	23.04.2009	90,6	83,5
8	Point	3	23.04.2009	87,9	78,5
9	Point	4	23.04.2009	92,6	85,5
10	Point	5	23.04.2009	89,9	84,5
11	Point	6	23.04.2009	91,1	82
12	Point	7	23.04.2009	84,1	75,6

6.2. Створення й проектування просторової бази даних

База геоданих - унікальна технологія, створена компанією ESRI для зберігання різноманітних даних, що дозволяє підвищити ефективність зберігання й використання даних у як завгодно складних проектах і системах.

Система ArcGIS, подібно іншим потужним інформаційним системам, має чітку певну модель для роботи з да-

ними, насамперед просторовими. Ця модель - База геоданих (База географічних даних) - є основою для зберігання всієї інформації, що використовують у процесі роботи з продуктами ArcGIS. Вона визначає структуру й правила зберігання різних видів об'єктів: просторових і растрових, адресних просторів, результатів геодезичних вимірів та ін. Можна сказати, що база геоданих є сховищем різноманітних даних, що дозволяє не тільки ефективно управляти інформацією збереженою в локальному вигляді або на сервері, але й будувати моделі будь-якої складності, що відповідають вимогам різних галузей або конкретного проекту, де ArcGIS використовується як система для роботи з географічною (що має просторовий компонент) інформацією.

Використання бази геоданих забезпечує не тільки швидкий доступ і ефективну роботу з даними, що зберігаються з її допомогою. Також можна задавати правила й відносини всередині сховища й одержувати ряд інших корисних можливостей, що дозволяють більш продуктивно взаємодіяти з даними й представляти інформацію як об'єкти реального миру.

Структура й функціональні можливості бази геоданих постійно вдосконалюються.

До нововведень відноситься й поняття Відкрита база геоданих. Завдяки інструментам, вбудованим у додатки ArcGIS, користувачам тепер доступна можливість експорту Баз геоданих у файли, де інформація представлена у вигляді XML схеми. Це полегшує можливість перенесення даних як між продуктами ArcGIS, так і між ArcGIS і продуктами сторонніх фірм. Раніше доводилося робити експорт у шейп-файли й не було можливості обмінюватися базами геоданих цілком. Використання XML схеми усуває ці бар'єри. Якщо порівняти, то XML для ArcGIS - це по суті те ж саме, що й шейп-файли для ArcView 3.x, але при цьому XML має незрівнянно більші переваги. Основна полягає в тому, що користувачам тепер доступний обмінний формат для Баз геоданих у цілому, а не окремих її частин. Експортувати можна всю Базу геоданих або окремі її об'єкти (наприклад, класи просторових об'єктів або таблиці), також можна експортувати відносини, домени, правила топології. Файли XML можуть зберігати дані цілком або тільки схему бази геоданих.

Підтримка нових типів даних. Завдяки численним доробкам, що ведуться з метою оптимізації зберігання й управління растровими даними, в Базі геоданих значно

підвищена продуктивність при завантаженні й читанні растрових даних. Тепер персональні бази геоданих «уміють» зберігати растрові дані й растрові каталоги. В ArcCatalog з'явився ряд інструментів для ефективного управління растровими даними й растровими каталогами. Ті інструменти, які раніше застосовувалися тільки для класів просторових об'єктів, тепер можна використати й для растрових даних. Наприклад, за допомогою інструмента «Витягти Дані» можна підготувати растрові дані або растрові каталоги для автономного редагування. Механізм управління персональною базою геоданих автоматично зберігає растрові дані в форматі IMG і зберігає їх поруч з персональною базою геоданих у окремих папках.

За рахунок нової можливості побудови пірамідних шарів значно збільшилася продуктивність роботи з базами геоданих, що зберігаються за допомогою ArcSDE. Перевага перед попередніми версіями полягає в тому, що при завантаженні нових даних у растровий набір механізм побудови пірамідних шарів у ArcSDE буде перебудовувати тільки оновлену частину, а не весь набір цілком. При цьому значно полегшується процес побудови мозаїк зображень на великі території.

Нові інструменти ArcCatalog дозволяють при імпорті декількох наборів растрових даних відразу створювати з них мозаїку на сервері або в локальній базі геоданих, що істотно заощадить ваш час.

Також дороблені механізми й інструменти управління каталогами растрів. Тут доступні наступні можливості:

–Користувачі можуть створювати Каталоги растрів прямо з ArcCatalog - це також просто, як і створити будь-яке інше джерело даних. При створенні каталогу планшетів або серії аерофотознімків кожний планшет або знімок буде представлений в каталозі растрів у вигляді полігона, що зберігає всю інформацію, необхідну для легкого пошуку за каталогом й виконання інших операцій, таких як вибір окремих растрів або перегляд їхніх характеристик, використовуючи, наприклад, інструмент ідентифікації.

–При створенні растрового каталогу в персональній базі геоданих метаданні каталогу - полігональне покриття, що являє собою набір знімків растрів, - будуть зберігатися в базі геоданих. При цьому користувач може вибрати один з двох режимів роботи з каталогом растрів: Managed і Unmanaged. У першому випадку при додаванні растрів у каталог у персональній базі геоданих вони будуть зберіга-

тися в IMG файлах у спеціальних папках поруч з базою геоданих, або безпосередньо в самій базі геоданих у випадку використання ArcSDE. Причому при видаленні з каталогу запису про растр буде вилучений і сам растр. При використанні режиму Unmanaged база геоданих використовуватиме вихідні растри на дисках і не буде копіювати їх ув IMG файли або на сервер. При цьому видаляється запис про растр з каталогу, а растрові дані не видаляються.

З растрами в растрових каталогах можна виконувати такі операції як копіювання, видалення, експорт і створення пірамідних шарів.

Растрові каталоги підтримують растри різних типів (RGB, чорно-білі або з індексованими кольорами). Растровий каталог може складатися з декількох типів растрів. Така можливість зберігати й оперувати растрами різних типів дуже корисна, наприклад, при створенні мозаїчних зображень. Слід зазначити, що для відображення й управління таким каталогом растрів необхідні більші ресурси системи, тому що використовуються відразу кілька механізмів обробки для різних растрів.

Використовуючи можливість зберігання в растрових каталогах різнотипних растрів, можна також ці растри й

відображати, використовуючи для кожного з них різні методи. Під час додавання растрового каталогу в ArcMap додаток самостійно обирає найбільш підходящий метод, а користувач може вибрати доступні для даного типу методи.

В форматі GRID можна зберігати растри розміром більше 2,1 Гб - немає обмежень на кількість осередків (пікселів). Проте, рекомендується більші обсяги растрових даних зберігати за допомогою ArcSDE. Це значно збільшить швидкість читання й аналізу растрових даних.

У проект ArcMap тепер можна додати більше 25 джерел GRID даних. Поліпшення торкнулося механізму ArcMap, відповідального за відображення растрових даних. Нове вікно властивостей растрів тепер має деревоподібну структуру, завдяки цьому вся необхідна інформація перебуває на очах, що полегшує роботу в цьому вікні.

Додано підтримку нових растрових форматів: JPEG 200 (це GeoJP2 від MSI), Intergraph CIT/COT, DIGEST ASRP/USRP, MrSID (покоління 2 і 3). Команди й інструменти експорту дозволяють створювати MrSID 2-го покоління.

В ArcGIS 9.3 є можливість зберігання в базі геоданих атрибутів растрового типу. Поля з такими типами можуть зберігати будь-який підтримуваний в ArcGIS растр - це можуть бути й оглядові зображення ДДЗ, й знімки окремих об'єктів, і схеми споруджень, таі інші документи. Для кожного об'єкта всередині бази геоданих може бути тільки одне поле з таким типом.

При зберіганні растрів з використанням растрових атрибутів підтримуються, як і у випадку з Каталогом растрів, два режими: Managed або Unmanaged. За допомогою інструмента ідентифікації можна переглядати закріплені за об'єктом знімки.

Також у новій версії бази геоданих з'явилася підтримка Глобальних унікальних ідентифікаторів (GUID) і спеціальних атрибутів, що зберігають стилі подання. Ці параметри унікальні для кожного об'єкта або запису в таблиці бази геоданих і дозволяють розроблювачам використати їх у розподілених базах геоданих.

За допомогою ArcCatalog у ArcGIS 9 можна створювати дані типу Multipatch, що дозволяють зберігати складні тривимірні об'єкти всередині бази геоданих.

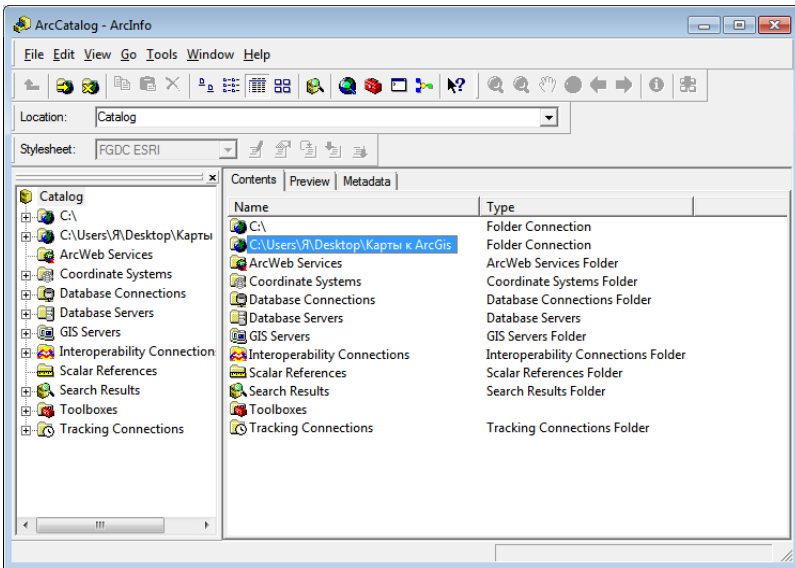


Рис. 6.6 – База геоданих

6.3. Обробка даних шумового забруднення міського середовища методами й засобами Spatial Analyst і Geostatistical Analyst

6.3.1 Побудова поверхонь за допомогою Geostatistical Analyst

Модуль Geostatistical Analyst, призначений для вдосконаленого моделювання поверхні з використанням детерміністів і геостатистичних методів. Модуль Geostatistical

Analyst розширює можливості ArcMap за рахунок появи додаткових інструментів, призначених для дослідницького аналізу просторових даних.

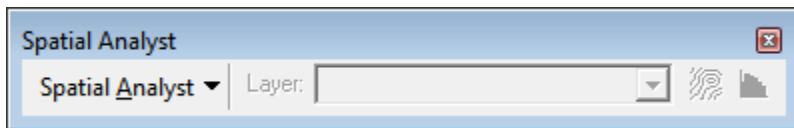


Рис. 6.7 - Панель інструментів Spatial Analyst в ArcGIS

Поверхні, створювані за допомогою модуля Geostatistical Analyst, можуть бути згодом використані в моделях ГІС і для візуалізації, зокрема з використанням таких розширень ArcGIS, як ArcGIS Spatial Analyst і 3D Analyst.

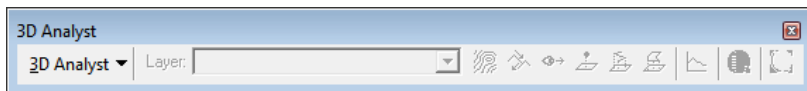


Рис. 6.8 - Панель інструментів 3D Analyst в ArcGIS

Модуль Geostatistical Analyst - революційний засіб, оскільки він допомагає навести міст між геостатистикою і ГІС. Протягом довгого часу можливо було користуватися інструментами геостатистики, але ніколи раніше ці інструменти не були інтегровані в середу ГІС. Така інтеграція важлива, оскільки вперше фахівці ГІС зможуть кількіс-

но описати якість своїх моделей шляхом вимірювання статистичної помилки інтерпольованих поверхонь.

Побудова поверхні з використанням модуля Geostatistical Analyst включає три ключові етапи:

- 1) дослідницький аналіз просторових даних;
- 2) структурований аналіз (обчислення й моделювання властивостей поверхні в сусідніх точках);
- 3) інтерполяція поверхні й оцінка результатів.

Програмне забезпечення включає серію інструментів і майстрів операцій, за допомогою яких можна виконати кожний з цих етапів (рис. 6.9). Воно також включає цілий ряд унікальних інструментів для статистичного аналізу просторових даних.

Геостатичний аналіз даних відбувається в два етапи:

1. моделювання варіограми або коваріації для аналізу властивостей поверхні;
2. крігінг.

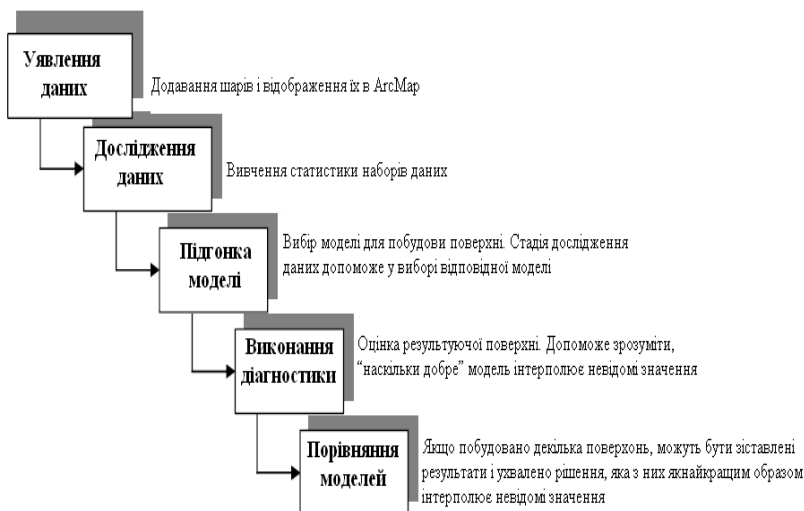


Рис. 6.9 - Методологія підбору поверхні

У модулі Geostatistical Analyst можливе використовування цілого ряду методів, заснованих на крігінгу, включаючи методи ординарного, простого, універсального, індикаторного, вірогідного й диз'юнктивного крігінга.

Опція Облако варіограмми/коваріації дозволяє вивчити просторову автокореляцію між опорними точками.

Варіограма - це функція, що зв'язує дисперсію (або відмінність) опорних точок і відстань, на якій вони відстоять один від одного. Її графічне уявлення може бути вико-

ристане для отримання картини просторової кореляції опорних точок і їх сусідів.

Просторова автокореляція спирається на припущення, що об'єкти, розташовані найближче один до одного, найбільшою мірою схожі. Опція Область варіограмми/коваріації дозволяє вивчити цей взаємозв'язок. Для цього по осі y відкладається значення варіограмми, рівне квадрату різниці значень для кожної пари точок, а по осі x - відстань, на яку пари точок відстоять одна від одної. Кожна червона точка на графіку Область варіограмми/коваріації (рис. 4.7) представляє пари значень. Оскільки близькі по розташуванню точки повинні бути якнайбільше схожі, на варіограммі близькі місцеположення (крайні ліві значення по осі x) повинні мати низькі значення на варіограммі (знаходитися в нижній частині осі y). У міру того, як відстань між парами точок збільшується, (величини зміщуються вправо по осі x), значення варіограмми повинні також збільшуватися (зростати по осі y). Проте, при певній відстані облако вирівнюється (рис. 6.10), що вказує на те, що між парами точок за межами цієї відстані немає кореляції.

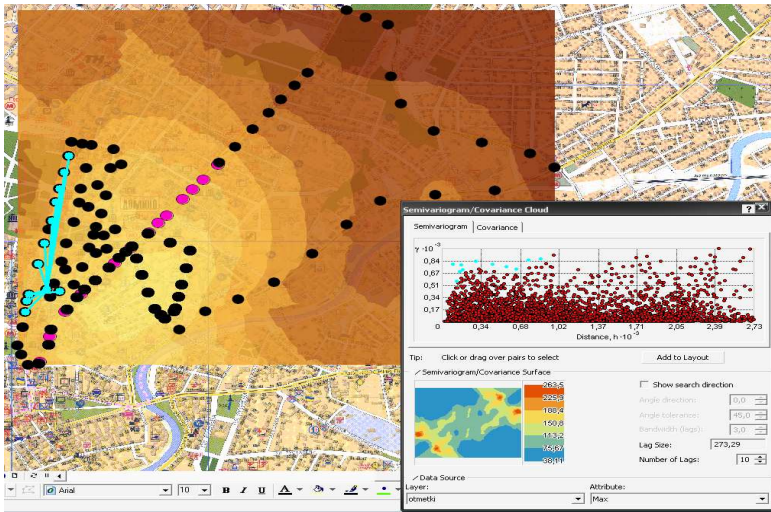


Рис. 6.10 - Пари точок, вибрані на варіограммі, виділені кольором на карті, а відрізками показані зв'язки, вказуючі на те, що точки утворюють пару

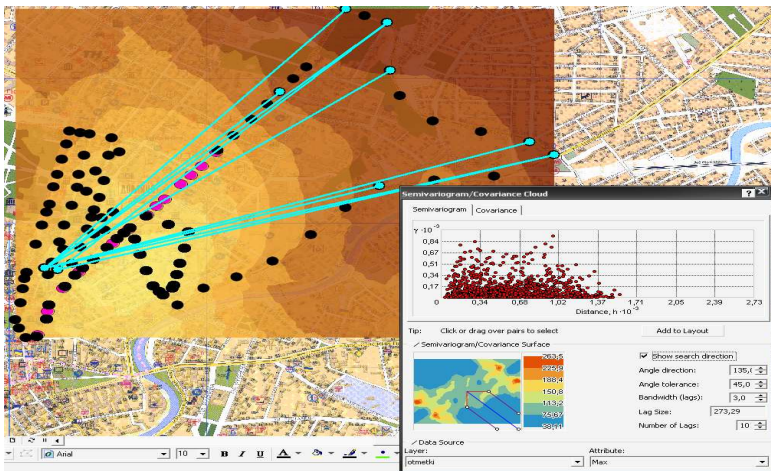


Рис. 6.11 - Збільшення відстані між парами точок і вирівнювання області варіограмми

Далі будуть розглянуті основні кроки застосування методів геостатистики на прикладі ординарного крігінга.

Крігінг аналогічний методу обернено зважених відстаней (IDW) у тому, що опорним точкам з обводу шуканої точки, для отримання її значень, надається вагомість. Проте вагомість заснована не тільки на відстані між зміряними точками і шуканою точкою, але й на розподілі опорних точок в просторі в цілому. Щоб врахувати розташування у просторі, додавши точкам вагові коефіцієнти, необхідно кількісно визначити просторову автокореляцію. Щоб виконати завдання геостатистичного аналізу, необхідно пройти декілька етапів.

Розрахунок емпіричної варіограми - крігінг, як і більшість способів інтерполяції, побудований на припущенні, що об'єкти, розташовані поблизу, більш схожі один на одного, ніж віддалені один від одного. Емпірична варіограма - це засіб для дослідження зв'язків між точками. Пари, розташовані на близькій відстані, повинні мати меншу різницю в вимірних значеннях, ніж ті опорні точки, що віддалені одна від одної. Те, наскільки це припущення вірне, може бути вивчено за по емпіричною варіограмою.

Підбір моделі - здійснюється шляхом підбору лінії, що найкращим чином проходить через точки на графіку емпіричної варіограми. Тобто, необхідно визначити лінію так, щоб (зважений) квадрат різниці між кожною точкою і лінією був якомога менше. Такий спосіб носить назву підбору за методом (зважених) якнайменших квадратів. Ця лінія й буде моделлю, що кількісно визначає просторову автокореляцію даних.

Створення матриць - рівняння для ординарного крігінга містяться в матрицях і векторах, що залежать від просторової автокореляції між опорними й шуканими точками. Значення автокореляції можуть бути набуті з моделі варіограми, описаної вище. Матриці й вектори визначають вагомість крігінга, надану кожному зміряному значенню.

Виконання інтерполяції - на основі вагомості крігінга, можна обчислити передбачуване значення в шуканій точці з невідомим значенням.

Однією з основних переваг ГІС є можливість застосування до даних ГІС просторових операторів для отримання нової інформації. Ці інструменти представляють основу для просторового моделювання й геообработки. З трьох основних типів даних ГІС растрових, векторних і TIN, са-

ме растри дають багатіше середовище для просторового аналізу. Програмний продукт ESRI ArcGIS Spatial Analyst додає до ArcGIS ряд різноманітних ГІС операторів для роботи з растром.

6.3.2 Створення растру шляхом інтерполяції за допомогою Spatial Analyst

Що таке інтерполяція?

Інтерполяція розраховує значення осередків растру на підставі обмеженого числа точок вимірювань. Її можна використовувати для обчислення невідомих значень будь-яких географічних точкових даних: у даному випадку значень рівня шуму.

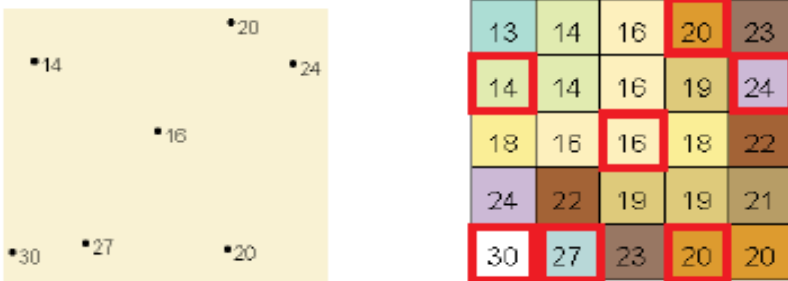


Рис. 6.12 – Інтерполяція растру за точками: точковий набір відомих значень (ліворуч) і вказівка точок початкового набору (виділені комірки)

На лівому рисунку (рис. 6.12) показано точковий набір відомих даних. На правому графіку - растр, інтерпольований за цими даними. Невідомі значення були розраховані за певною формулою на підставі значень найближчих відомих точок.

Навіщо потрібна інтерполяція растрів?

Зміряти висоту, величину або концентрацію якої-небудь властивості в кожній точці досліджуваної області звичайно важко або дорого. Натомість можна вибрати набір розподілених за якоюсь схемою точок вимірів і за ними розрахувати значення в решті точок. Початкові точки, що містять значення висоти, величини або концентрації властивості, можуть бути розподілені рівномірно або випадковим чином. Припущення, що дозволяє проводити інтерполяцію, полягає в тому, що просторово розподілені об'єкти просторово пов'язані; іншими словами, близькі об'єкти володіють близькими характеристиками. Це основа інтерполяції.

Часто інтерполяцію використовують для створення поверхні рельєфу (рис. 6.13) за вимірами висоти. Кожен об'єкт шару точок – це місце, де проводилося вимірювання.

За допомогою інтерполяції розраховують значення між точками вимірювань.

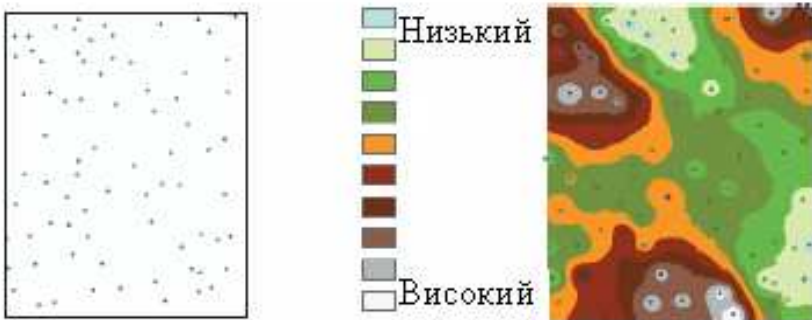


Рис. 6.13 - Інтерполяція поверхні рельєфу

Докладніше про інтерполяцію

У модуль включені наступні методи інтерполяції: Інтерполяція значень з вагою, обернено пропорційною відстані, Сплайн і Крігінг. Кожен з них спирається на певні припущення про те, як точніше обчислити значення осередків. Для найкращої відповідності розрахункових значень реальним у різних випадках слід використовувати різні способи інтерполяції, залежно від того, яке явище відображають значення і як розподілені точки вимірів. Проте при будь-якому методі інтерполяції якість результату прямо пропорційна кількості початкових точок.

6.4. Способи побудови поверхонь

Функції поверхонь використовують представлення растрових наборів даних у вигляді поверхні висот, концентрацій або певної величини (наприклад, рівня забруднення шуму).

Функції створення поверхонь, звані також функціями інтерполяції поверхонь, створюють безперервну поверхню з точок пробних вимірювань. Функції створення поверхонь привласнюють передбачувані значення кожній комірці растру незалежно від того, чи були проведені вимірювання в цій точці. Існує безліч способів розрахунку значення кожної комірки; кожен з таких методів називається моделлю. В кожній моделі робляться певні припущення про характер даних (наприклад, дані мають нормальний розподіл) і моделі визначають передбачувані значення за допомогою обчислень. Нижче представлений короткий опис кожної моделі, пропонованої в Spatial Analyst.

6.4.1 Метод обернено зважених відстаней (IDW)

Метод обернено зважених відстаней (IDW) заснований на головному принципі географії - чим ближче розташовані об'єкти, тим більше вони схожі. Таким чином, для комі-

рки, значення якої не зміряно, в межах заданого обводу (або відстані) вестиметься пошук вимірянних значень. Оскільки ближчі значення повинні бути більш схожі, на розрахунок значення комірки вони зроблять більше впливу, ніж дальні значення. Звідси назва методу – «Вага, обернено пропорційна відстані» - чим більше відстань, тим менше вага значень. Цей процес виконується для кожної комірки в досліджуваній області.

IDW обчислює значення комірок по середньому від суми значень точок вимірів, що знаходяться поблизу кожної комірки. Чим ближча точка до центру оцінюваної комірки, тим більша вага, або вплив, має її значення в процесі обчислення середнього. Цей метод припускає, що вплив значення зміряної змінної убиває в міру збільшення відстані від точки виміру (рис. 4.14).

Ступінь

У IDW можна контролювати вплив точок вимірів на обчислення на підставі їх відстані від комірок. При завданні великого значення ступеня вплив ближніх точок буде значнішим, поверхня вийде детальнішою і менш гладкою. Завдання меншого значення ступеня збільшить вплив дальніх точок і поверхня вийде більш гладкою. Звичайно

використовують значення ступеня 2, воно ж встановлене за умовчанням.

Радіус пошуку

Характеристиками інтерпольованої поверхні управляє також вибір радіусу (фіксованого або змінного), що обмежує кількість початкових точок, що беруть участь у інтерполяції значення осередку.

Фіксований радіус пошуку

Фіксований радіус пошуку визначається відстанню й мінімальною кількістю точок. Відстань визначає радіус обводу (у одиницях вимірювання карти). Величина радіусу постійна, тому для всіх інтерпольованих комірок круговий обвід пошуку точок однаковий. Параметр мінімального числа точок визначає мінімальну кількість виміряних точок, що необхідно знайти в заданому обводі. При обчисленні значення осередку будуть використані всі точки вимірів, що потрапили в заданий обвід. Якщо точок в обводі менше заданого мінімуму, радіус пошуку буде розширений, поки не вдасться знайти необхідну кількість точок. Заданий фіксований радіус пошуку буде застосований до кожної інтерпольованої комірки (центру комірки) в досліджуваній області. Таким чином, якщо точки вимірів роз-

поділені нерівномірно (а вони рідко бувають розподілені рівномірно), ймовірно, в заданому обводі для різних комірок виявиться різна кількість точок вимірів.

Змінний радіус пошуку

При використанні змінного радіусу пошуку задається кількість точок, що беруть участь у обчисленні значення інтерпольованої комірки, тому радіус пошуку для кожної комірки індивідуальний і залежить від того, як далеко від кожної комірки вдається знайти задане число точок. Таким чином, одні обводи будуть маленькими, а інші - великими, залежно від частоти точок вимірів у районі інтерпольованої комірки. Можна задати максимальну відстань (у одиницях вимірювання карти), яку пошук не повинен перевищувати. Якщо радіус деякого обводу досягає максимальної відстані, обчислення значення цього осередку буде виконане на основі тієї кількості точок, яка опинилася в обводі максимального радіусу.

Бар'єр

Бар'єр - це полілінія, використовувана для установки межі пошуку точок вимірювань. Полілінія може представляти обрив, гірський хребет або інший розрив у ландшафті. При обчисленні значення комірки враховуватимуться тіль-

ки точки, розташовані по ту ж сторону бар'єру, що і комірка.



Рис. 6.14 – Побудова поверхні методом IDW для тематичного шару «Трамвай»

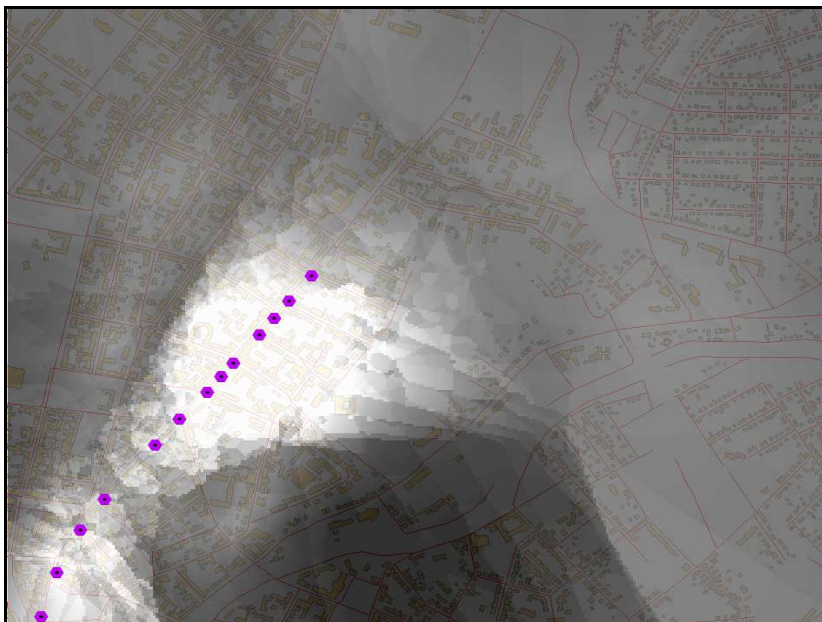


Рис. 6.15 – Побудова поверхні методом Крігінг для шару «Трамвай»

Проаналізувавши всі методи побудови поверхонь, можна зробити висновок, що найбільш підходящим для тематичного шару «Трамвай» є метод обернено зважених відстаней, тому що вплив значення виміряної змінної убиває в міру збільшення відстані від точки виміру трамвая.

6.4.2 Метод Сплайн (*Splin*)

Метод Сплайн концептуально можна представити як спробу найкращим чином провести гумовий лист через

точки, підняті на висоту їх вимірних значень. Критерій розміщення листу полягає в тому, що він повинен пройти через усі точки.

Що таке Сплайн?

Сплайн розраховує значення осередків на основі математичної функції, що мінімізує кривизну поверхні, обчислюючи найрівнішу поверхню, що точно проходить через усі точки вимірювань. Ідея аналогічна розтягання гумової плівки, так щоб вона проходила через усі точки, при мінімізації кривизни поверхні. Вона розташовується відповідно до математичної функції від заданого числа найближчих точок за умови проходження через усі точки вимірів. Цей метод найбільш зручний для поволі змінних поверхонь, таких, як висота земної поверхні, рівень ґрунтових вод.

Існує два методи сплайна: регуляризація й натягнення.

Регуляризація

Метод регуляризації створює гладку, поступово змінну поверхню, значення в якій можуть виходити за межі діапазону значень вимірів.

Натягнення

Метод натягнення міняє жорсткість поверхні залежно від характеру модельованого явища. Він створює менш

гладку поверхню, значення в якій ближчі до рамок діапазонів значень вимірів.

Вагомість

Для методу регуляризації “вагомість” визначає вагу третьої похідної від поверхні у виразі мінімізації кривизни. Чим більше вагомість, тим більше гладкою буде поверхня. Значення, задані для цього параметра, повинні бути більше або дорівнювати нулю, наприклад: 0, .001, .01, .1 і .5. Для методу Натягнення “вага” визначає вагу натягнення. Чим більше вага, тим грубіше поверхня. Значення повинні бути більші або дорівнювати нулю, наприклад: 0, 1, 5, і 10.

Число точок

Параметр “Число точок” визначає кількість точок, на яких повинні бути засновані обчислення. Чим більше точок задати, тим більший вплив матимуть видалені точки, й тим більш гладкою буде поверхня (рис. 6.16).

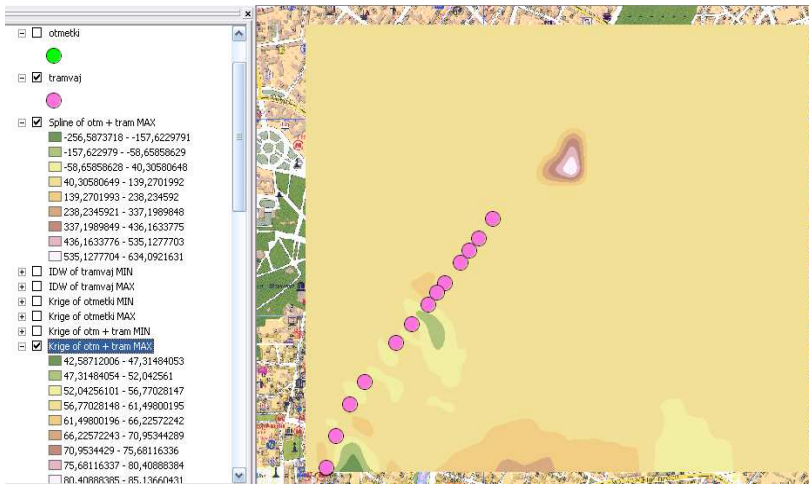


Рис. 6.16. - Побудова поверхні методом Сплайн для тематичного шару «Трамвай»

У даному випадку цей метод побудови поверхні не підходить, тому що модель стає занадто гладкою, що не дає можливості наочно побачити найбільш концентровані міста шумового забруднення території.

6.4.3. Метод Крігінг (Kriging)

Метод Крігінг - це статистичний метод обчислення кореляції вимірних точок за допомогою варіографії. При розрахунку невідомого значення комірки найближчим контрольним точкам привласнюється вага, залежна від їх

розподілу навколо комірки, що розраховується, і використовується модель, підібрана за допомогою варіографії.

Spatial Analyst пропонує два методи крігінга: звичайний (ординарний) і універсальний.

Ординарний Крігінг

Ординарний Крігінг - це найзагальніший і широко використовуваний з методів Крігінга. Він заснований на припущенні, що постійне середнє значення невідоме. Це розумне припущення, якщо немає ніякої причини припускати зворотне.

Універсальний крігінг

Універсальний Крігінг припускає, в даних є тенденція до домінування певних значень (наприклад, пануючий вітер) і його можна змодельовати за допомогою детерміністичної або поліноміальної функції. Цей поліном віднімається від початкових значень вимірювань, а автокореляція моделюється за випадковими помилками. Коли до випадкових помилок підібрано модель, перед обчисленнями поліном додається назад до передбачуваних значень, щоб вийшов осмислений результат.

Методи інтерполяції обернено зваженої відстані (IDW) й Сплайна (розглянуті раніше) називають детерміністич-

ними методами інтерполяції, оскільки вони безпосередньо спираються на навколишні зміряні значення або на задані математичні формули, що визначають гладкість підсумкової поверхні. Друга група методів інтерполяції складається з геостатистичних методів (таких, як Крігінг), заснованих на геомоделях, що включають самокореляцію (статистичний взаємозв'язок між зміряними точками). Тому така технологія дозволяє не тільки одержати розрахункову поверхню, але також визначити значення точності або достовірності розрахунку.

Крігінг схожий на IDW у тому, що він враховує вагу навколишніх зміряних значень для того, щоб визначити розрахункове значення для комірки, в якій не було даних. Загальна формула для обох інтерполяцій є підсумовуванням даних з урахуванням ваги

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

де $Z(s_i)$ - виміряне значення в комірці i ;

λ_i - невідома вага виміряного значення комірки i ;

s_0 - розташування комірки, для якої обчислюється прогноз;

N - число зміряних значень.

У IDW вагомість λ_i , залежить тільки від відстані від оцінюваної комірки.

Проте в Крігінгу вагомість залежить не тільки від відстані між окремою точкою вимірювання й точкою обчислення, але також від загального просторового розподілу точок вимірів. Для обліку просторового розподілу при призначенні ваги необхідно обчислити автокореляцію. Так, у звичному крігінгу вагомість λ_i , залежить від моделі узгодження точок вимірів, відстані до оцінюваної точки і просторового розподілу точок вимірів навколо оцінюваної точки.

Для розрахунків за методом Крігінга необхідне наступне:

- 1 - потрібно виявити правила залежності;
- 2 - обчислити передбачуване значення.

Для виконання цих завдань Крігінг виконує двокроковий процес:

- 1) створюються варіограми й коваріаційні функції для оцінки значень статистичних залежностей (званих просторовою автокореляцією), які залежать від моделі автокореляції (моделі узгодження),

2) визначаються передбачувані значення порожніх комірок.

Через таке явне розділення завдання на дві частини говорять, що Крігінг використовує дані двічі: перший раз для оцінки просторової автокореляції даних і другий раз для обчислювання значень.

Варіографія

Побудова моделі, або просторове моделювання, також називається структурним аналізом або варіографією. При просторовому моделюванні структури точок вимірів ми починаємо з кривої емпіричної варіограми, обчислюваної, як:

Варіограма (відстань h) = $0.5 * \text{середнє} [(\text{значення в точці } i - \text{значення в точці } j)]$ для всіх пар точок, розділених відстанню h . Формула включає обчислення квадрата різниці між значеннями в парі точок. На рис. 6.17 далі показано утворення пар заданої точки (червоної) зі всією решетою точок вимірів. Ця процедура виконується для кожної точки виміру.

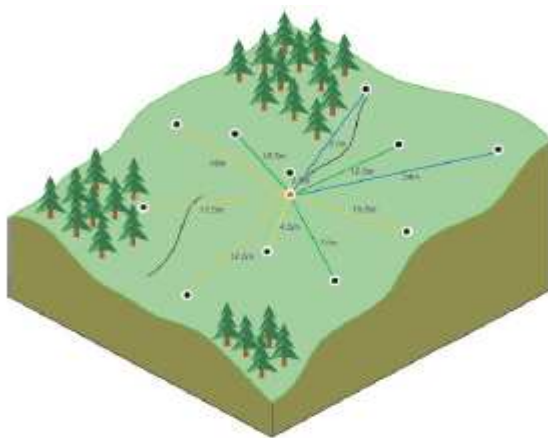


Рис. 6.17 - Утворення пар точки з іншими точками вимірювань

Часто відстань для кожної пари точок унікальна, й часто цих пар багато. Швидка побудова графіка цих точок стає нереальною. Замість роботи з кожною точкою їх об'єднують у інтервальні групи (лаги). Наприклад, обчислення середньої варіантності всіх точок, розташованих на відстані більше 40 метрів і менше 50 метрів.

Емпірична варіограма - це графік середніх значень варіограми на осі y і відстані (або інтервалу) на осі x (рис. 6.18).

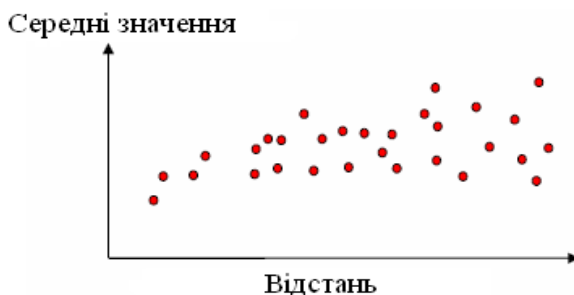


Рис. 6.18 - Емпірична варіограма

Просторова автокореляція реалізує основний принцип географії - близькі об'єкти більш схожі, ніж віддалені. Таким чином, пари ближчих точок (у лівій частині осі x графіка точок варіограми) повинні мати ближчі значення (знаходиться внизу осі y графіка точок варіограми). Якщо точки пари віддалені одна від одної (правіший на осі x), вони повинні розрізнятися сильніше, й квадрат їх різниці повинен бути більше (вище по осі y).

Підбір моделі для емпіричної варіограми.

Наступний крок - підібрати модель до точок варіограми. Моделювання варіограми - це ключовий крок від просторового опису до просторового прогнозування. Основне призначення Крігінга - це обчислення передбачува-

них значень атрибутів у точках, не охоплених вимірами. Емпірична варіограма надає інформацію про просторову автокореляцію наборів даних. Проте, вона не надає інформацію для всіх можливих напрямів і відстаней. Тому, а також щоб прогнози Крігінга володіли позитивними варіаціями Крігінга, необхідно підібрати модель (тобто безперервну функцію або криву) для емпіричної варіограми. Це аналогічно регресивному аналізу, в якому підбирається безперервна лінія або крива.

На емпіричній варіограммі є відхилення від моделі; деякі точки знаходяться вище кривої, а деякі - нижче. Але, якщо додати відстань кожної точки над кривою і відстань кожної точки під кривою, ці два повинні бути близькі. Існує безліч різних моделей варіограмм, з яких можна вибрати найбільш відповідну.

Різні типи моделей варіограмми.

Spatial Analyst надає на вибір наступні функції для емпіричної варіограмми: Кругова, Сферична, Експоненціальна, Гауссова й Лінійна. Вибір моделі впливає на обчислення невідомих значень, особливо, коли форма кривої сильно відрізняється біля точки початку відліку. Чим крутіше крива біля точки початку відліку, тим більший вплив найбли-

жчих сусідів на обчислення. В результаті одержана поверхня буде менш гладкою. Кожна модель краще відображає свій тип явищ.

На рис. (6.19 і 6.20) показано дві основні моделі і їх відмінності:

- Сферична модель

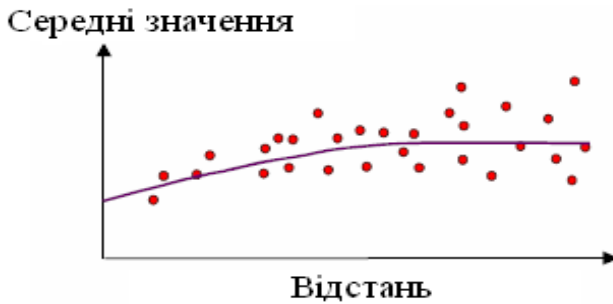


Рис. 6.19 - Сферична модель

Ця модель показує поступове зниження просторової автокореляції (і, відповідно, зростання варіації) до певного рівня, після якого автокореляція дорівнює нулю. Сферична модель - одна з найчастіше використовуваних.

- Експоненціальна модель

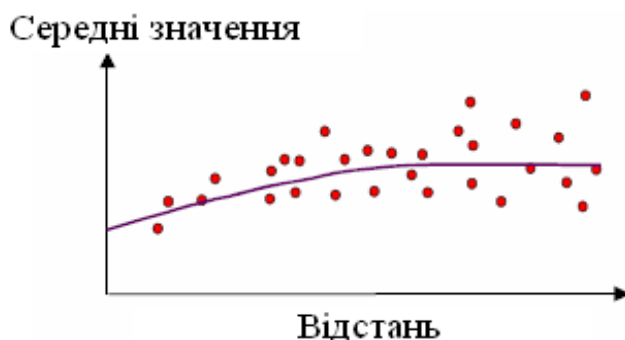


Рис. 6.20 - Експоненціальна модель

Цю модель використовують, коли при зменшенні відстані автокореляція зростає за експонентою. Тут автокореляція повністю зникає тільки при нескінченній відстані. Експоненціальна модель теж часто використовується. Вибір моделі в *Spatial Analyst* ґрунтується на просторовій автокореляції даних або на попередньому знанні явища.

Категорії варіограмми — радіус впливу, поріг і самородок

Як було розказано раніше, варіограмма відображає просторову автокореляцію вимірів даних. Відповідно до основного принципу географії (чим ближчі об'єкти, тим більше вони схожі), квадрат різниці між близькими точками вимірів повинен бути меншим, ніж між видаленими

точками. Після відображення кожної пари точок (або інтервальних груп), для них підбирається модель. Для опису моделей звичайно використовують певні характеристики.

Радіус впливу і поріг

Якщо подивитися на модель варіограми, можна помітити, що на деякій відстані модель вирівнюється. Відстань, на якій модель починає вирівнюватися, називається радіусом впливу (рис. 6.21). Точки, розділені відстанню меншою радіусу впливу, є автокорельованими в просторі, а точки на відстані більше радіусу впливу – ні.

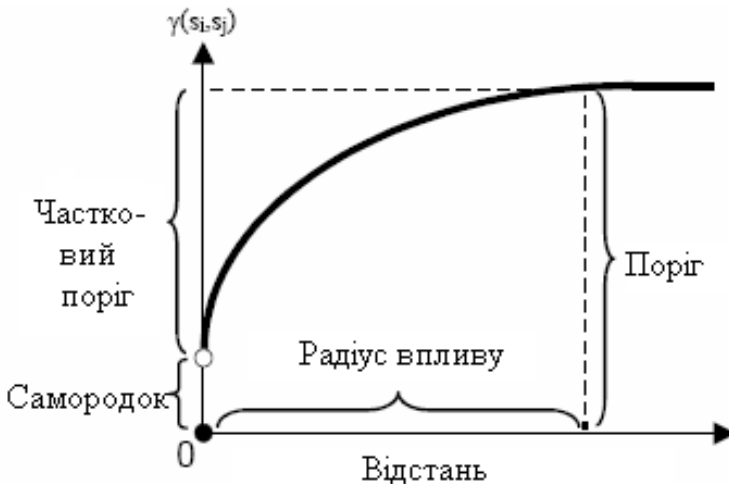


Рис. 6.21 - Модель варіограми

Значення, при якому варіограма досягає радіусу впливу (значення на осі y) називається порогом. Частковий поріг – це поріг мінус ефект самородка.

Ефект самородка

Теоретично при відстані, що дорівнює нулю (тобто інтервалі $= 0$), значення варіограми повинне бути нулем. Проте, при нескінченно малій відстані, у варіограмі часто з'являється ефект самородка, що є значенням більше нуля. Якщо варіограма перетинає вісь y на рівні 2, самородок дорівнює 2.

Ефект самородка можна використовувати при вивченні помилок вимірювань або просторових джерел варіації на відстанях менше інтервалу вимірів (або обох). Помилки вимірювань виникають через збої вимірювального устаткування. Природне явище може просторово варіюватися тільки в певному діапазоні відстаней (в мікро- або макромасштабі).

Варіації в мікромасштабі, меншому, ніж відстань між вимірами, виникає, як частина ефекту самородка.

Обчислення передбачуваних значень

Перше завдання виявлення закономірностей (автокореляції) в наших даних виконане. Одержавши просторову

автокореляцію, можна приступити до обчислень передбачуваних значень за допомогою цієї моделі; після цього емпірична варіограма більше не потрібна.

Для виконання наступного завдання знову використовуються дані для обчислень передбачуваних значень. Як і інтерполяція з IDW, Крігінг визначає вагу навколишніх зміряних точок, щоб обчислити передбачуване значення в невимірній комірці. Як і в IDW, точки, розташовані ближче до оцінюваної комірки, мають більший вплив. Проте привласнення ваги навколишнім точкам в методі Крігінга складніше, ніж у IDW. IDW використовує простий алгоритм, заснований на відстані, а в методі Крігінга вага заснована на моделі варіограми, яка була вибрана на підставі просторової структури даних. Для створення карти безперервної поверхні, або карти явища, обчислюють згадані значення для кожної комірки (центру комірки) в досліджуваній області на основі моделі варіограми й просторового розподілу найближчих точок.

Радіус пошуку

З основного принципу географії відомо, що об'єкти, розташовані близько, більш схожі, ніж віддалені. На підставі цього принципу можна припустити, що чим далі точка

від оцінюваної комірки, тим менше буде просторова автокореляція між ними. Таким чином, можна виключити точки з незначним впливом. Вплив віддалених точок не тільки малий, він може бути навіть від'ємним, якщо ці точки розташовані на ділянці, характеристики якої сильно відрізняються від ділянки, на якій знаходиться оцінювана комірка. Інша причина для установки радіусу пошуку - швидкість обчислень. Чим менше обвід пошуку, тим швидше виконуються обчислення. В результаті звичайно задається певний обвід, щоб обмежити кількість точок, що враховуються при обчисленнях. Задана форма обводу визначає, наскільки далеко й де саме потрібно шукати зміряні значення для обчислення прогнозованих значень. Інші параметри обводу обмежують набір комірок з цього обводу, наприклад, максимальна і мінімальна кількість використовуваних для обчислень точок обводу.

Також можна визначити вагомість точок вимірювань за допомогою конфігурації діючих значень у межах заданого обводу навколо оцінюваної точки по моделі, відповідній полуваріограммі. За значеннями і вагомостями обчислюється вірогідне значення в оцінюваній комірці.

Spatial Analyst пропонує два типи обводу: фіксований і змінний.

А) Фіксований радіус пошуку

Фіксований радіус пошуку визначається відстанню і мінімальною кількістю точок. Відстань визначає радіус обводу (в одиницях вимірювання карти). Величина радіусу постійна, тому для всіх інтерпольованих осередків круговий обвід пошуку точок однаковий. Мінімальна кількість точок визначає мінімальне число точок, яке необхідно знайти в заданому обводі. При обчисленні значення осередку будуть використані всі точки вимірів, що потрапили в заданий обвід. Якщо точок в обводі менше заданого мінімуму, радіус пошуку буде розширений, поки не вдасться знайти необхідну кількість точок. Заданий фіксований радіус пошуку буде застосований до кожної інтерпольованої комірки (центру комірки) в досліджуваній області. Таким чином, якщо точки вимірів розподілені нерівномірно, ймовірно, в заданому обводі різних комірок опиниться різна кількість точок вимірів.

Б) Змінний радіус пошуку

При використуванні змінного радіусу пошуку задається кількість точок, що беруть участь у обчисленні зна-

чення інтерпольованої комірки, тому радіус пошуку для кожної комірки індивідуальний і залежить від того, як далеко від кожної комірки вдається знайти задане число точок. Таким чином, одні обводи будуть маленькими, а інші - великими, залежно від частоти точок вимірів у районі інтерпольованої комірки. Можна задати максимальну відстань (у одиницях вимірювання карти), яку пошук не повинен перевищувати. Якщо радіус певного обводу досягає максимальної відстані, обчислення значення цієї комірки буде виконане на основі тієї кількості точок, яка опинилася в обводі максимального радіусу.

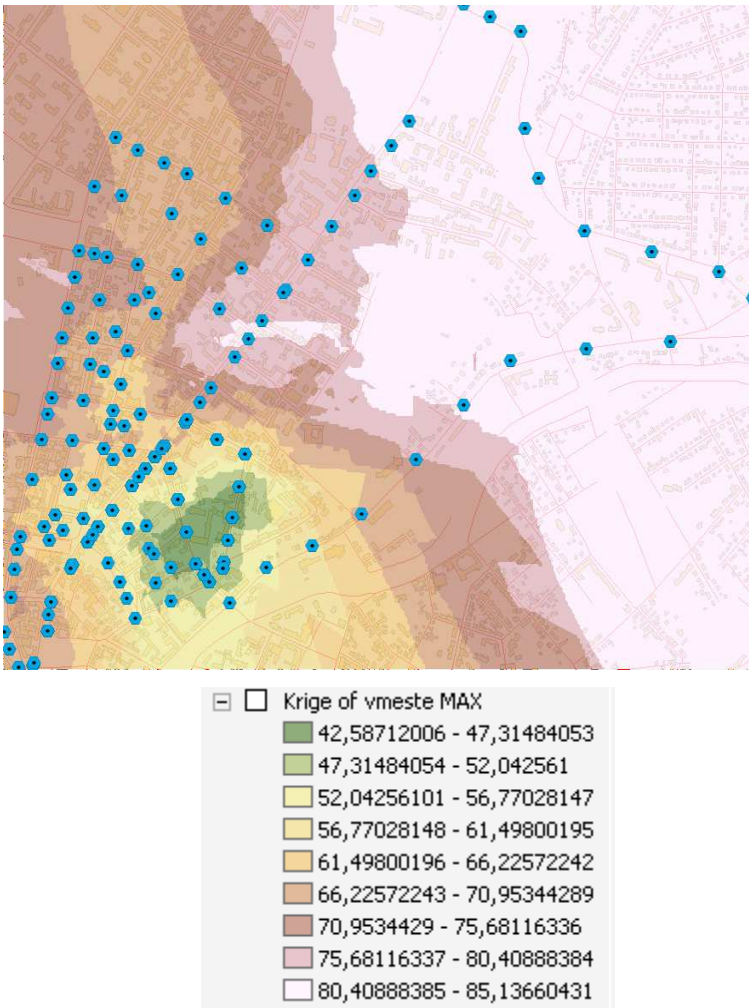


Рис. 6.22 – Побудова поверхні методом Крігінг тематичного шару «Заміри + трамвай» за максимальними значеннями

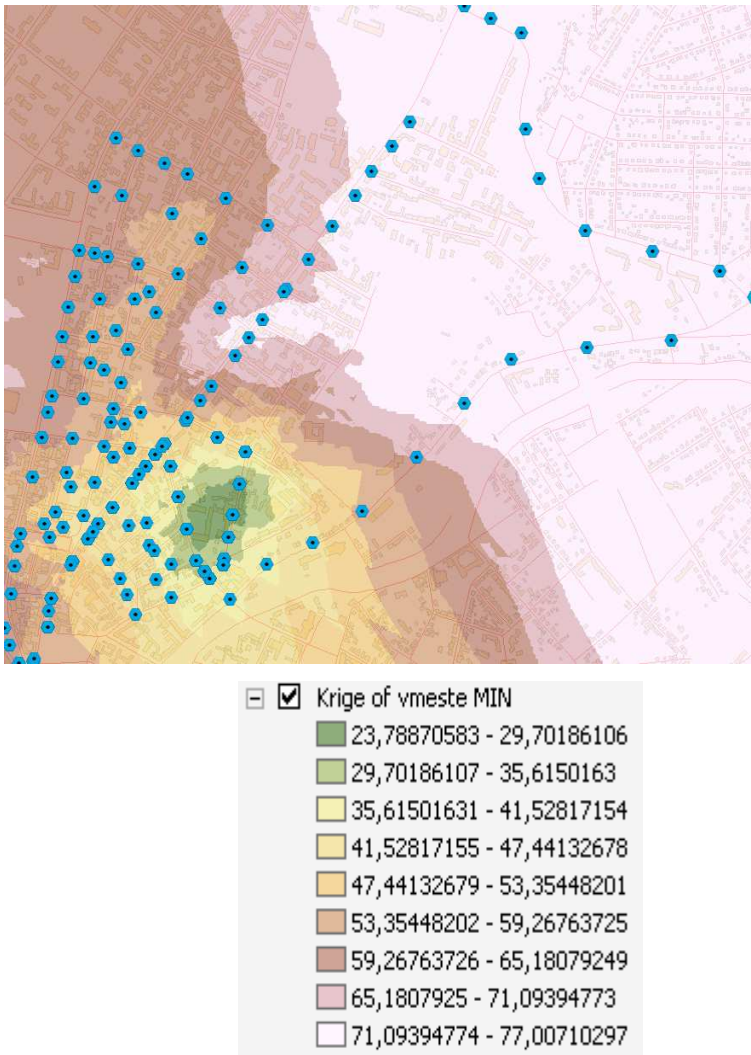


Рис. 6.23 – Побудова поверхні методом Крігінг тематичного шару «Заміри + трамвай» за мінімальними значеннями

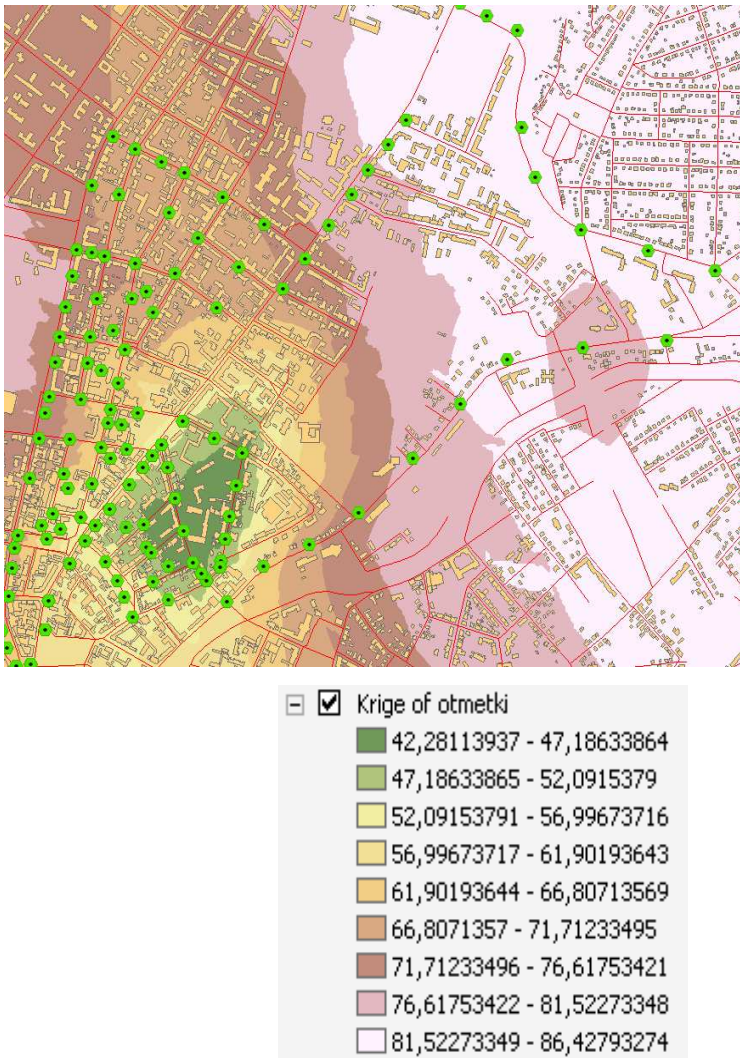


Рис. 6.24 – Побудова поверхні методом Крігінг тематичного шару «Заміри» без урахування трамваю

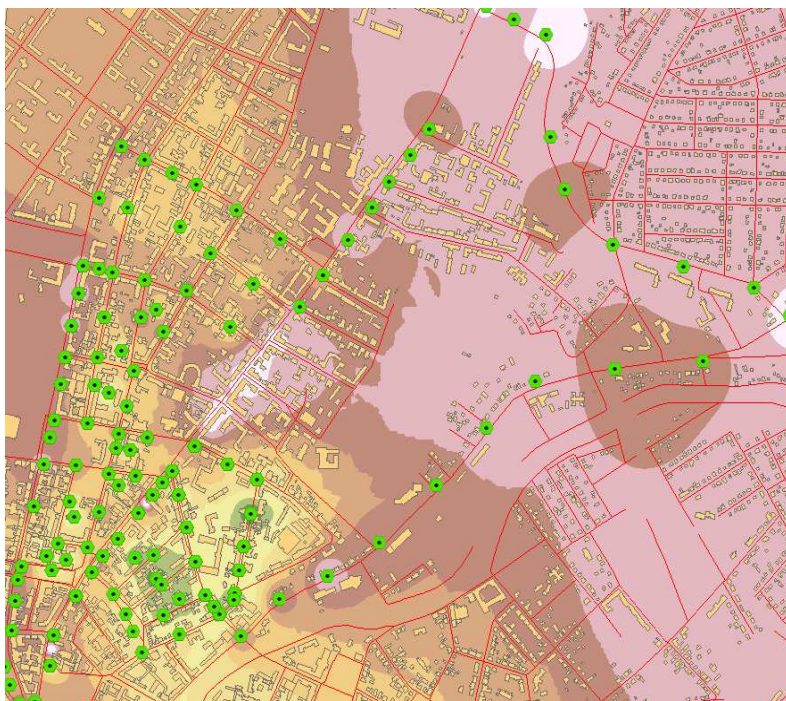


Рис. 6.25 – Побудова поверхні методом IDW тематичного шару «Заміри» без урахування трамваю

6.5. Створення 3D моделі місцевості в ArcGis 9.3

Завантажуємо в проект потрібні шари. Активізуємо модуль 3D Analyst (Tools - Extensions - 3D Analyst (рис. 6.26).

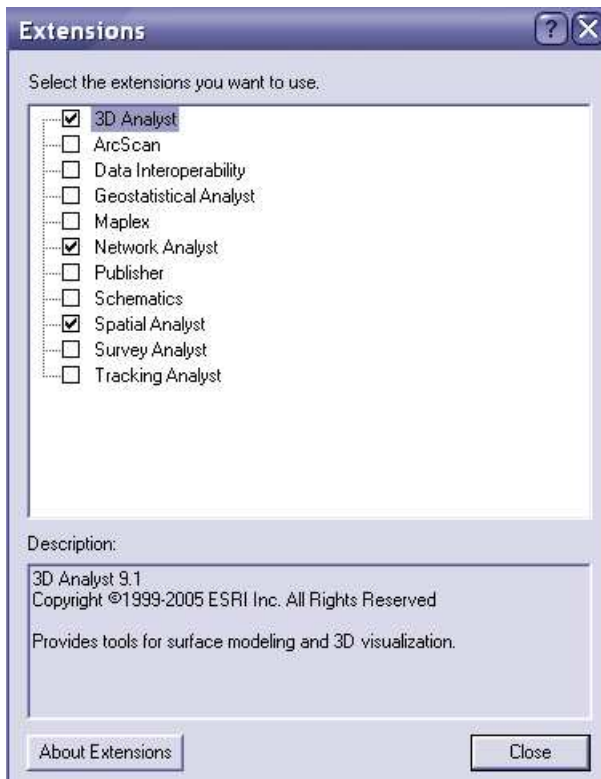


Рис. 6.26 - Активізація модуля 3D Analys

Викликавши контекстне меню натисканням правої кнопки миші на панелі інструментів Arcmap, включаємо панель 3D Analyst (рис. 6.8).

Для побудови 3D моделі обираємо інструмент ArcScene.

ArcScene дозволяє будувати багат шарові сцени й визначати, якими символами будуть представлені об'єкти кожного шару на сцені, як він буде розташований у тривимірному просторі, і як відображений. Можна також визначати загальні властивості сцени, такі як освітлення. Можна вибирати об'єкти сцени за значеннями їхніх атрибутів, за їхнім розташуванням щодо інших об'єктів або безпосередньо клацнувши на потрібні об'єкти сцени. Можна переміщатися по сцені або вказувати координати спостерігача й цілі для програми перегляду.

Можна відобразити векторні дані, так само як і поверхні, у перспективному вигляді.

Векторні дані відрізняються від даних поверхні тим, що вони представляють дискретні об'єкти, а не безперервні явища. Об'єкти звичайно характеризуються формою (геометрією) і атрибутами.

Для оцінки шумового забруднення на даній території, була побудована 3D модель даної місцевості з урахуванням особливостей рельєфу. Дану модель представлено на рис. (6.27 – 6.28).

3D модель дає нам візуальне уявлення території, причому можна обертати цю територію на 360° і розглядати місцевість з різних напрямків.

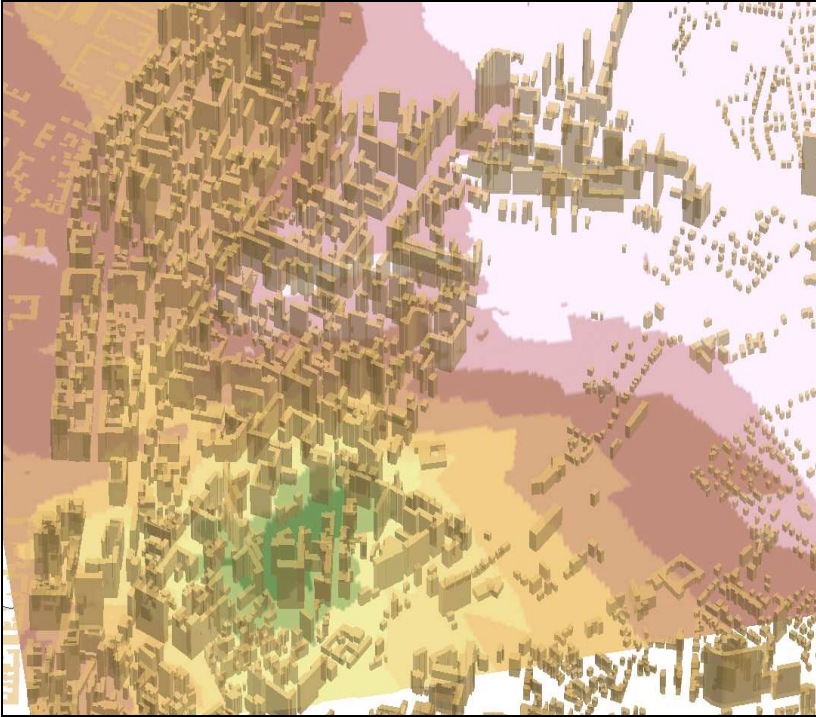


Рис. 6.27 - 3D модель даної території

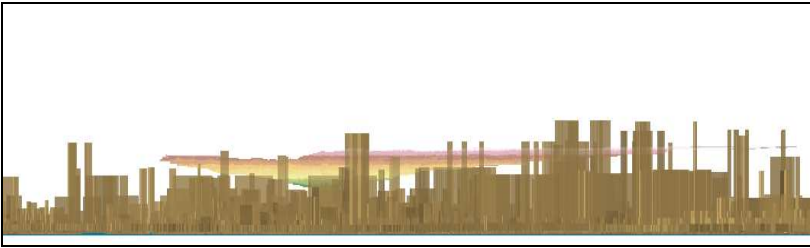


Рис. 6.28 - 3D модель даної території

6.6. Надання рекомендацій щодо шумозахисних заходів

Після проведених досліджень і аналізу шумового забруднення міської території можна зробити наступні висновки й надати відповідні рекомендації.

Структура міського шуму цілком зрозуміла й очевидна. Основним джерелом акустичного забруднення є транспорт, причому 90% шуму викликає автомобільний транспорт.

Рекомендації щодо методів боротьби з шумом.

Перший спосіб - обмеження пересування транспорту в межах міста (зокрема, максимальне розвантаження міських доріг від найбільш гучних вантажних машин).

Другий спосіб - прибрати дороги в тунелі, де це можливо. Однак у рамках міста він занадто дорогий і може здійснюватись лише на деяких ділянках міста.

Третій - встановлення шумозахисних екранів уздовж трас. Вважається, що одна тільки ця міра здатна знизити рівень шуму на 16 дБ. Вони значно знижують шум, але дозволяють захищати від шуму тільки квартири до четвертого поверху (в середньому, в залежності від топографії). Решта, як і раніше, залишаються в зоні підвищеного акустичного впливу. До того ж вартість побудови такого екрану недешева. Але саме цей спосіб є ключовим для боротьби з шумом.

Четвертий - заміна громадського транспорту. Замість звичайних трамваїв можна пустити низькопольні. Замінити старі рейки потягів на сучасні, більш тихі. Наприклад, у Німеччині суцільні відрізки рейок без стиків місцями досягають 120 метрів (для порівняння: у нас - близько 20), а підшипники коліс потягів - на гумових подушках.

П'ятий спосіб - захист за допомогою архітектурно-будівельних методів. Це й застосування звукопоглинаючих матеріалів, і створення противошумових розривів, і розміщення житлових будівель у глибині кварталів, і перенесення гучних виробництв за міську межу, й використання вікон з підвищеною шумоізоляцією (установка на вікна противошумових тришарових склопакетів), і спеціальні

захисні екрани уздовж жвавих трас, і смуги зелених насаджень шириною 50 і більше метрів.

Шостий - перевірка автомобілів на рівень шуму вихлопу (за директивою Європейського Союзу, вихлоп має бути не більше 80 дБ). Подібна техніка сьогодні вже закуплена, але поки що не використовується. Особливо гучні - так звані тюнінговані автомобілі, які часом їздять взагалі без глушника.

Сьомий - він пов'язаний із застосуванням особливого дорожнього полотна, так званого шумопоглинаючого асфальту. Такий асфальт являє собою дорожнє покриття з високою пористістю, що дозволяє знизити рівень шуму від дотику автомобільних шин з дорогою. Він зменшує рівень шуму лише на 5 дБ, тому його необхідно застосовувати тільки в комплексі з іншими заходами.

З точки зору фізики шум виникає наступним чином. При русі - шини автомобіля вібрують, а при контакті шини з дорогою - повітря, що знаходиться між виступами протектора покриття, стискається й виходить назовні з гучним свистячим звуком, - це і є джерелом того самого шуму автотранспорту. Щоб заглушити його і потрібен шумопоглинаючий асфальт. Наявні в його верхньому шарі невеликі

порожнечі товщиною близько 4 см здатні ефективно поглинати шум. Змінивши склад асфальтової суміші (зокрема, мінеральних компонентів), а також вилучивши з неї дрібний щебінь, можна домогтися того, що обсяг пустот складе 25% (замість 6% у звичайному асфальті).

Утім, не все так просто. Кисень проникає в таке покриття досить глибоко, активізуючи там процеси окислення, що, в свою чергу, швидко порушує цілісність покриття. Щоб цього не відбувалося, необхідно використовувати тільки найякісніші матеріали й суміші, стійкі до впливу атмосферних факторів: бітуми, модифіковані полімерами або еластомерами. Що має позначитися на вартості такого асфальту. Ще одна проблема такого покриття - низька морозостійкість: вода, замерзши в пустотах, руйнує покриття. І нарешті, найголовніше - шумопоглинаючий ефект також недовговічний. У міру експлуатації дощ і сніг забивають пори брудом, і ефект перестає діяти. Частина цих проблем вирішена в двохшарових шумопоглинаючих асфальтових покриттях, у яких нижній шар покриття теж пористий. Рідкий бруд промивається через пори верхнього шару наскрізь, потрапляє в нижній шар, що затримує його і відводить воду в сторону. Справді, така технологія ще сильніше

збільшує вартість асфальту. Але головне, порівняно навіть з шумозахисними екранами, шумопоглинаюча здатність такого роду дорожнього покриття не надто запевняє. Вона зменшує рівень шуму на 5 дБ, тому це застосовувати має сенс тільки в комплексі з іншими заходами.

Боротьба з шумом, у центральному районі міста (досліджувана територія) утруднюється щільністю забудови, з-за якої неможливе будівництво шумозахисних екранів, розширення магістралей і висадка дерев, що знижують на дорогах рівень шуму.

Таким чином, найбільш перспективними рішеннями цієї проблеми є зниження власного шуму транспортних засобів і застосування в будинках, які виходять на найбільш жваві магістралі, нових шумопоглинаючих матеріалів, вертикального озеленення будинків і потрійного оскління вікон (з одночасним застосуванням примусової вентиляції).

7. ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВАРТОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІЇ ЗАСОБАМИ ГІС

7.1. Загальні положення

Основними споживачами ГІС є підприємства, організації та установи, що займаються управлінням території.

Впровадження ГІС-технологій пов'язане з довготривалим вкладенням значних фінансових, матеріальних і інших ресурсів, а економічна й функціональна віддача від цього настає нескоро. Тому ухваленню інвестиційних рішень з впровадження ГІС-технологій (як того і вимагають нинішні економічні відносини) передус глибокий комплексний аналіз – консалтинг, що надає керівництву підприємства повну картину необхідних витрат на придбання і впровадження ГІС-технологій, а також перспективу економічного й технологічного ефекту від впровадження цих технологій.

Однією з функцій організаційно-економічної системи є управління матеріальними потоками шляхом введення кожного елементу в базу даних системи для цілей планування, документування діяльності й генерації звітів для зов-

нішніх і внутрішніх потреб. ArcGIS 9.3 – настільна ГІС з розвиненими функціями просторового аналізу, багато з яких додається до базового набору у вигляді додаткових модулів. ArcGIS 9.3 – розвинена настільна ГІС для проведення стандартних аналітичних операцій, легкої візуалізації одержаних даних ГІС рівня підприємства (корпоративна ГІС), забезпечує всю організацію просторовою інформаційною підтримкою.

У ГІС можна вбудувати сотні спеціалізованих додатків з додатковими засобами просторових запитів, розширеного аналізу, відображення і представлення даних. ESRI – єдиний постачальник повноцінних закінчених програмних рішень для створення й підтримки великих інформаційних систем, призначених для роботи з просторовою інформацією.

7.2. Етапи створення проекту геоінформаційного моніторингу шумового забруднення

Суть даного розділу полягає у визначенні вартісних показників розробки проекту геоінформаційного моніторингу шумового забруднення міської території. Створення

ГІС умовно можна розбити на три основних етапа (рис. 7.1) [69]:

- підготовка картографічних матеріалів;
- виготовлення цифрової векторної карти масштабу 1:2000;
- створення цифрової векторної карти.

Кожний з перерахованих етапів містить певний набір операцій, які будуть розглянуті далі. Кожна операція є окремою сходинкою на шляху створення кінцевої моделі і, відповідно, має свою вартість. Визначивши суму вартості кожної операції, з урахуванням обсягів виконуваних робіт, буде підрахована підсумкова вартість створення моделі на умовну одиницю обсягу даних.

7.3. Розрахунок витрат на апаратне й програмне забезпечення

- Програмне забезпечення, використане в роботі з даними матеріалами, належить сімейству "ESRI".
- Програмний пакет "ArcGIS" поставляється світовим лідером виробництва геоінформаційних систем компанією "ESRI".

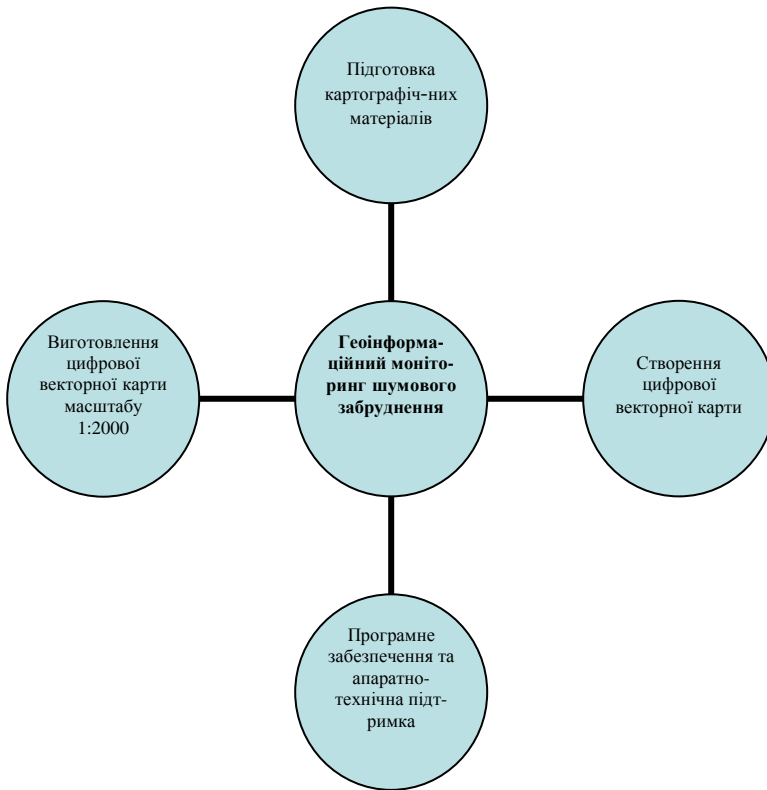


Рис. 7.1 – Схема компонентів, що входять до виробничого ланцюжка створення проекту геоінформаційного моніторингу шумового забруднення.

7.3.1 Ціни на апаратне й програмне забезпечення

Необхідні витрати на придбання апаратного забезпечення наведені в табл. 7.1.

Табл. 7.1 – Витрати на апаратне забезпечення

№ п/п	Назва	Характеристика	Ціна, грн
1	Процесор	Intel Core 2Duo E6750	1050
2	Материнська плата	ASUS P5K	571
3	Відеокарта	PCI Express 1 Gb	471
4	Оперативна пам'ять	DDR2-667 1Gb Transend	242
5	Вінчестер	250 Gb Western Digital	313
6	Оптичний привід	DVD +/- RW LG GH20NS10	157
7	Корпус	RAIDMAX Ninja	331
8	Блок живлення	PowerLux PL	262
9	Монітор	Samsung 19" 931 CW	1550
10	Клавіатура	Genius Luxemate Scroll	78
11	Миша	Genius ERGO 300	60
12	Кольоровий лазерний принтер	HP Color Laser Jet 2600	1620
	Всього:		6705

Грошові витрати на закупівлю програмного забезпечення наведено в табл. 7.2.

Табл. 7.2 – Витрати на закупівлю програмного забезпечення

Найменування	Ціна, грн.
1. Windows XP SP	1230
2. ArcGIS 9.3	9360
3. Microsoft Office 2003	987
Усього:	11577

7.3.2 Розрахунок амортизації обладнання

Амортизація – це грошове відшкодування зношування основних фондів.

Амортизація нараховується на залишкову балансову вартість основних засобів згідно з нормами амортизації. Основні фонди діляться на 4 групи для нарахування амортизації. Ці групи, їх склад і норми амортизаційних відрахувань наведені в табл. 7.3.

Табл. 7.3 – Групи основних фондів

Групи ОФ	Склад групи
1 група 2%	Будівлі, споруди, їх структурні компоненти і передавальні засоби, в тому числі житлові будівлі і їх частини (квартири й місця загального користування), вартість капітального
2 група 10%	Автомобільний транспорт і вузли (запасні частини) до нього, меблі, побутові електронні, оптичні, електромеханічні прилади й інструменти, інше конторське (офісне) обладнання, пристрої і пристосування до них.
3 група 6%	Інші основні фонди, що не включені в групи 1, 2 і 4.
4 група 15%	ЕВМ, інші машини для автоматичної обробки інформації, їх програмне забезпечення, пов'язані з ними засоби обчислювання чи друку інформації, інші інформаційні системи, комп'ютерні програми, телефони (а також стільникові), мікрофони й рації, вартість яких перевищує вартість малоцінних товарів

Комп'ютер і програмне забезпечення відносяться до 4-ої групи.

Амортизація комп'ютера й програмного забезпечення розраховується на період проекту робіт, який складає 6 місяців.

Амортизація за квартал складає:

– комп'ютер:

$$6705 * 0,15 = 1005,75 \text{ грн.}$$

– програмне забезпечення:

$$11577 * 0,15 = 1736,55 \text{ грн.}$$

Амортизація за 6 місяців складає:

– комп'ютер:

$$6705 - 1005,75 = 5699,25 \text{ грн.}$$

$$5699,25 * 0,15 = 854,89 \text{ грн.}$$

$$1005,75 + 854,89 = 1860,64 \text{ грн.}$$

– програмне забезпечення:

$$11577 - 1736,55 = 9840,45 \text{ грн.}$$

$$9840,45 * 0,15 = 1476,07 \text{ грн.}$$

$$1736,55 + 1476,07 = 3212,62 \text{ грн.}$$

Загальна вартість амортизації на апаратне й програмне забезпечення складає: $1860,64 + 3212,62 = 5073,26$ гривень.

7.4. Розрахунок вартості створення цифрової карти

Кошторисна вартість створення цифрової карти визначається за розцінками Збірника укрупнених кошторисних розцінок на топографо-геодезичні та картографічні роботи, затвердженого наказом Міністерства екології та природних

ресурсів України від 19.02.2003 № 29/м й зареєстрованого Міністерством юстиції України від 13.06.2003 за № 484/7805 зі змінами.

7.4.1 Підготовка картографічних матеріалів

Характеристика категорій складності робіт

I категорія

Виготовлення цифрових растрових моделей виконується з тиражних відбитків карт.

II категорія

Виготовлення цифрових растрових моделей виконується з вихідних матеріалів на твердій основі.

III категорія

Виготовлення цифрових растрових моделей виконується з діапозитивів постійного зберігання.

Склад робіт

Отримання завдання й матеріалів. Огляд сканера й перевірка його працездатності. Закладання вихідних матеріалів у прилад. Автоматичне сканування з необхідною роздільною здатністю. Візуальний контроль якості зображення. Конвертація растрових зображень у необхідні формати. Підготовка вихідних даних для калібрування й прив'язки

растрових зображень. Калібрування йа прив'язка растрових зображень. Контроль виконання робіт. Здавання робіт і вихідних матеріалів.

Вартість робіт наведено в таблиці 7.4.

Табл. 7.4 - Виготовлення цифрових растрових топографічних карт (планів) масштабу 1:2000

Шифр норми	Найменування процесу робіт	Категорія складності робіт	Одиниці виміру	Розцінка, грн		Трудові витрати (бр./дні)
				Усього	У т.ч. зарплата	
1	2		4	5	6	7
111216	Сканування вихідних картографічних матеріалів	I	трапеція	49,35	4,97	0,21
111217		II		49,40	4,97	0,21
111218		III		59,08	9,92	0,42
111219	Виготовлення ЦРК (калібровка, прив'язка растрових зображень)	I	трапеція	75,58	17,89	0,83
111220		II		93,56	26,82	1,25
111221		III		111,51	35,77	1,67

Вартість підготовки картографічних матеріалів розраховуємо за формулою (7.1):

$$S_1 = n \cdot (S_c + S_b), \quad (7.1)$$

де S_1 – ціна підготовки картографічних матеріалів;

n – кількість планшетів;

S_c – ціна сканування вихідних картографічних матеріалів;

S_b – ціна виготовлення цифрових растрових карт.

Кількість планшетів, необхідних для побудови моделі моніторингу шумового забруднення, становить 16. Усі планшети підпадають під II категорію складності. Підставляючи значення з табл. 7.4 у формулу (7.1), вираховуємо вартість підготовки картографічних матеріалів:

$$S_1 = 16 \cdot (49,40 + 93,56) = 2287,36 \text{ (грн.)}$$

7.4.2 Виготовлення цифрової векторної карти масштабу 1:2000

Результатом даного етапу є векторний шар. Шар є основною одиницею географічного уявлення на карті. Він показує набір взаємозв'язаних просторових даних, зображених відповідно до картографічних стандартів.

Категорія складності робіт визначається за еталонами категорій складності, що розміщені в «Єдиних нормах виробітку (години) на геодезичні й топографічні роботи, Камеральні роботи».

Склад робіт.

Редакційно-підготовчі роботи. Складання проекту карти. Векторизація растрових зображень. Коректура векторизації. Зшивання номенклатурних аркушів у блоки. Конвертація й запис карти у вихідний формат. Пошарова векторизація елементів карти. Математична прив'язка растрової основи топокарти. Зведення по рамках із суміжними трапеціями. Заповнення формулярів. Коректура карт і виправлення коректурних зауважень. Здавання роботи.

Розцінки на векторизацію планшетів наведені у таблиці 7.5.

Табл. 7.5 - Вартісні показники виготовлення цифрової векторної топографічної карти

Шифр норми	На-йменування процесу робіт	Категорія складності робіт	Одиниці виміру	Розцінка, грн		Трудові витрати (бр. дні)
				Усього	У т.ч. зарплата	
1	2	3	4	5	6	7
111302	Векторизація растрового зображення	I	план	318,35	138,60	6,45
111303		II		417,23	187,77	8,74
111304		III		588,07	272,72	12,70
111305		IV		758,89	357,66	16,66
111306		V		1001,66	478,36	22,28
111307		VI		1262,40	608,03	28,32
111308		VII		1568,12	760,04	35,39
111309		VIII		2035,63	992,51	46,22
111310		IX		2566,10	1256,29	58,50
111311		X		3276,41	1609,48	74,95
111392	Коректура векторизації	I	план	66,58	13,41	0,62
111393		II		84,58	22,36	1,04
111394		III		102,55	31,3	1,46
111395		IV		120,53	40,23	1,87
111396		V		147,50	53,65	2,50
111397		VI		174,48	67,07	3,12
111398		VII		210,44	84,94	3,96
111399		VIII		255,40	107,3	5,00
111400		IX		318,35	138,6	6,45
111401		X		399,26	178,83	8,33
111482	Зшивка номенклатурних листів у	I	план	66,58	13,41	0,62
111483		II		84,58	22,36	1,04
111484		III		105,22	31,30	1,46
111485		IV		120,53	40,23	1,87
111486		V		147,50	53,65	2,50

Шифр норми	Найменування процесу робіт	Категорія складності робіт	Одиниці виміру	Розцінка, грн		Трудові витрати (бр. дні)
				Усього	У т.ч. зарплата	
1	2	3	4	5	6	7
111487	блоки	VI		174,48	67,07	3,12
111488		VII		246,41	102,83	3,96
111489		VIII		300,34	129,65	5,00
111490		IX		318,35	138,60	6,45
111491		X		399,26	178,83	8,33

Площа району, шумове забруднення якого моделюється, становить $4,176 \text{ км}^2$. Зважаючи на те, що досліджувана місцевість попадає під III категорію складності, можна підрахувати вартість виготовлення цифрової векторної карти за формулою:

$$S_2 = S S_{1\phi} + S S_{2\phi} + S S_{3\phi}, \quad (7.2)$$

де S_2 – вартість виготовлення цифрової векторної карти;

S – площа досліджуваного району;

$S_{1\phi}, S_{2\phi}, S_{3\phi}$ – ціна векторизації растрових зображень III категорії складності робіт відповідно.

Підставляючи значення в формулу (7.2), вираховуємо вартість виготовлення цифрової векторної карти за формулою:

$$S_2 = 4,176 \cdot 588,07 + 4,176 \cdot 102,55 + 4,176 \cdot 105,22 = 3323,43 \text{ (грн.)}$$

7.4.3 Підготовка до видання цифрової векторної карти

Категорія складності робіт визначається по еталонах категорій складності, які розміщені в «Єдиних нормах виробітку (години) на геодезичні й топографічні роботи, Камеральні роботи».

Склад робіт.

Редакційно-підготовчі роботи. Складання проекту карти. Візуалізація в умовних знаках цифрових векторних карт. Розміщення підписів і цифрових характеристик. Здавання робіт.

Розцінки на підготовку до видання векторної карти наведені у таблиці 7.6.

Табл. 7.6 - Підготовка до видання цифрової векторної карти

Шифр норми	Найменування процесу робіт	Категорія складності робіт	Одиниці виміру	Розцінка, грн		Трудові витрати (бр./дні)
				Усього	У т.ч. зарплата	
1	2	3	4	5	6	7
111572	Підготовка до видання цифрової векторної карти	I	план	246,41	102,82	4,79
111573		II		318,35	138,60	6,45
111574		III		435,23	196,72	9,16
111575		IV		570,08	263,77	12,28
111576		V		740,92	348,72	16,24
111577		VI		929,74	442,61	20,61
111578		VII		1154,49	554,37	25,82
111579		VIII		1496,18	724,27	33,73
111580		IX		1891,78	920,98	42,89
111581		X		2413,26	1180,28	54,96

Загальну вартість даного виду робіт розраховують за формулою

$$S_3 = n_I \cdot S_{I\text{нд}} + n_{II} \cdot S_{II\text{нд}}, \quad (7.3)$$

де S_3 – вартість підготовки до видання цифрової векторної карти;

n_I, n_{II} – кількість планшетів I і II категорії складності робіт відповідно;

S_{1nid} , S_{2nid} – ціна підготовки до видання цифрових векторних карт I та II категорії складності робіт відповідно.

Зважаючи на те, що 9 планшетів відносяться до I категорії, 7 до II, та підставляючи розцінки з табл. 7.6 у формулу (7.3), розраховуємо загальну вартість підготовки до видання цифрової векторної карти:

$$S_3 = 9 \cdot 246,41 + 7 \cdot 318,35 = 4446,14 \text{ (грн.)}$$

Маючи всі складові вартості створення проекту геоінформаційного моніторингу шумового забруднення можна підбити підсумкову вартість за формулою

$$\Sigma = S_1 + S_2 + S_3, \quad (7.4)$$

де Σ – підсумкова вартість створення цифрової карти;

S_1 – ціна підготовки картографічних матеріалів;

S_2 – вартість виготовлення цифрової векторної карти;

S_3 – вартість підготовки до видання цифрової векторної карти.

Таким чином, підсумкова вартість створення цифрової карти складає:

$$\Sigma = 2287,36 + 3323,43 + 4446,14 = 10056,93 \text{ (грн.)}$$

7.5. Підбір персоналу для реалізації проекту

Грошові витрати на забезпечення заробітної плати робітників приведені в табл. 7.7.

Табл. 7.7 – Витрати на забезпечення персоналу

№ п/п	Посада	Кількість	Оклад, грн	Загальна сума, грн
1	ГІС – аналітик	4	3700	14800
2	Інженер - геодезист	5	2800	14000
3	Картограф	2	3000	6000
4	Геоінформатик	3	3500	10500
Всього:				45300

Так як період проекту складає 6 місяців, то потрібно врахувати щомісячні податки: в пенсійний фонд (33,2%); у фонд зайнятості (1,3%); на соціальне страхування (1,5%) а також на соціальне страхування нещасних випадків на виробництві (1%). За місяць ця сума складає: $45300 * 37\% = 1676100 / 100\% = 16761$ гривень. Далі розраховуємо витрати на забезпечення персоналу за місяць: $45300 - 16761 = 28539$ гривень, а за шість місяців ця сума буде складати: $28539 * 6 = 171234$ гривень.

7.6. Кошторис розробки проекту геоінформаційного моніторингу шумового забруднення

Наступним кроком є розрахунок загальної вартості розробки проекту геоінформаційного моніторингу шумового забруднення. Сюди входять витрати на виготовлення цифрових растрових планів масштабу 1:2000, підготовку до видання цифрової векторної карти, витрати на забезпечення персоналу, а також витрати на апаратне та програмне забезпечення для розробки та функціонування даного проекту. Вище названі види витрат приведені у таблиці 7.8.

Табл. 7.8 – Кошторис розробки проекту

№ п/п	Найменування витрат	Ціна, грн
1	Виготовлення цифрових растрових топографічних планів масштабу 1:2000	2287,36
2	Вартість виготовлення цифрової векторної карти масштабу 1:2000	3323,43
3	Підготовка до видання цифрової векторної карти	4446,14
4	Апаратне забезпечення	6705,00
5	Програмне забезпечення	11577,00
6	Витрати на забезпечення персоналу	171234,00
	Усього:	199572,93

Отже, загальна вартість розробки проекту геоінформаційного моніторингу шумового забруднення становить 199572,93 гривні [70].

Список використаних джерел

1. Конституція України: Прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України 28 черв. 1996 р. – К.: Преса України, 1997. – 80 с.
2. Закон України "Про охорону праці". К., 2002.
3. Закон України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення".
4. ГОСТ 12.0.003-74*. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
5. Охорона праці в Україні. Нормативна база. (3-є вид., змін. і доп.) / Роїна О.М. - К.: КНТ, 2007. - 548 с.
6. <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi> - Вся база «Законодавство України». (Добірка діючих законодавчих документів в електронному вигляді).
7. <http://www.dnop.kiev.ua/> - Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду (Офіційний сайт).
8. <http://dnop.com.ua>. Державні нормативні акти з охорони праці.
9. <http://www.document.org.ua/dnaop/> - Реєстр ДНАОП. (Повний перелік всіх діючих законодавчих та нормативних

документів в галузі охорони праці станом на сьогоднішню дату в електронному вигляді. Щоденно обновлюється).

10. <http://www.nau.kiev.ua/index.php>. НАУ - Нормативні акти України. (Добірка всіх діючих нормативних актів в Internet).

11. <http://aist.com.ua/products/zodchiy/base/zak/> «Зодчий». Законы, постановления, указы, соглашения, документы министерств и ведомств (ЗАК)

12. ДСТУ 2325-93. Шум. Терміни та визначення.

13. ДСТУ 2867-94. Шум. Методи оцінювання виробничого шумонавантаження. Загальні вимоги.

14. ГОСТ 12.1.003-83*.ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

15. ГОСТ 12.1.029-80 (СТ СЭВ 1928-79) ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.

16. ГОСТ 12.1.036-81. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях.

17. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. К. - 1999. - 32 с.

18. СНиП II -12-77.Защита от шума. Нормы проектирования.

19. Самойлюк Е.П., Гилёв В.В., Трошин М.Ю. Качество жизни и градостроительство. / Строительство, материаловедение, машиностроение. // Сб. научн. трудов. Вып. 38. - Дн-ск, ПГАСА, 2006. - С. 119-124.

20. Алексеев С.В., Хаймович М.А., Кадыскина Е.Н., Суворов Г.А. Производственный шум. Л.: Медицина, 1991. – 185 с.

21. Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибраций / Суворов Г. А., Шкаринов Л. Н., Денисов Э. И.. - М. : Медицина, 1984. - 240 с.

22. Суворов Г.А., Шкаринов Л.Н., Денисов Э.И., Овакимов В.Г. Теоретические основы гигиенического нормирования шума. - Вестник АМН СССР, 1981. - С. 62-66.

23. Малая медицинская энциклопедия: в 6-ти томах / Гл. ред. В.И. Покровский. М.: Изд-во Большая советская энциклопедия, 1992. – тома 1 – 6.

24. <http://landscape-1.hosting.parking.ru/wikipad/nso2008/pages.php?id=acoustic> . НСО физической географии и ландшафтоведения 2008 "Wikipad" - Акустическая экология.

25. Дідковський В.С., Акіменко В.Я., Запорожець О.І., Савін В.Г., Токарев В.І. Основи акустичної екології: Навч.

посібник для студ. вищ. навч. закладів / В.С. Дідковський (ред.). — Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ "Імекс ЛТД", 2002. — 519 с.

26. http://www.pozwonok.ru/son/page_2_2.html Все о сне: КОМНАТА, ГДЕ ВЫ СПИТЕ: Шум или тишина? Свет или темнота?

27. ГОСТ 26918-86 Шум. Методы измерения шума железнодорожного подвижного состава

28. http://www.acoustic.ru/Article_43.html. Шумомер. Акустическая энциклопедия. (Публ. в Internet).

29. Блинова Л.П., Колесников А.Е., Ланганс Л.Б. Акустические измерения. М.: Изд-во стандартов, 1971. — 272 с.

30. Клюкин И.И., Колесников А.Е. Акустические измерения в судостроении. М.: Судостроение, 1982. — 255 с.

31. Осипов Г.Л., Лопашев Д.З., Федосеева Е.Н. Акустические измерения в строительстве. М.: Стройиздат, 1978. — 212 с.

32. Брюль и Кьер. Электронная аппаратура. Каталог 1989/90 р. Печать: К.Ларсен и сын А/О, ДК-2600, Глоструп, Дания. — Рус. - Описание моделей 7005, 7006, 7007.

33. <http://bruel.ru/pages/49.html>. Библиотека: Московский технический центр Брюль & Кьер.

34. Самойлюк Е.П., Сафонов В.В. Боротьба із шумом і вібрацією в промисловості. К., 1990.- 282 с.

35. Маслов Н.В. Градостроительная экология / Н.В.Маслов; Под ред.: М.С.Шумилов. М. :Высшая школа, 2002. - 284 с.

36. Борьба с шумом / Под ред. Юдина Е.Я. М.: Издательство литературы по строительству, 1964. – 701 с.

37. Градостроительные меры борьбы с шумом / Осипов Г.Л. и др. М.: Стройиздат, 1975. – 215 с.

38. Пospelов П.И. Борьба с шумом на автомобильных дорогах. М.: Транспорт, 1981. – 88 с.

39. Осипов Г.Л., Коробков В.Е., Климухин А.Л. Защита от шума в градостроительстве / Под ред. Осипова Г.Л. - М.: Стройиздат, 1993. - 95 с.

40. Осипов Г.Л., Юдин Е.Я., Хюбнер Т. Снижение шума в зданиях и жилых районах / Под ред. Осипова Г.Л. - М.: Стройиздат, 1987. - 96 с.

41. Самойлюк Е.П. Борьба с шумом в градостроительстве. К.: Будівельник, 1975. – 126 с.

42. Самойлюк Е.П., Денисенко В.И., Пилипенко А.П. Борьба с шумом в населенных местах. К.: Будівельник, 1981. – 144 с

43. Абракітов В.Е. Удосконалювання методів прогнозування шумового режиму з метою забезпечення акустичного комфорту жителів сучасного міста // Тезиси докладов XXXII научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ. Харьков, 2004. - с.86.

44. Чирков В.Г. Выбор рациональных технических решений. К.: Техніка, 1991. – 159 с.

45. Абракитов В.Э. Концепция Управляемого Вдохновения. Харьков: Копировальный Центр ФОП Ивановой М.А., 2008. - 400 с.

46. Абракітов В.Е. На шляху до наукових відкриттів. Монографія. Х.: Парус, 2007. – 424 с.

47. Александров Л.В., Карпова Ю.А., Шевелев Н.П. Роль изобретений в охране окружающей среды. М.: ВНИИПИ, 1991. – 84 с.

48. Патент на корисну модель № 42388 (Україна). Спосіб визначення інтенсивності випромінювання на відстані від джерела. / Абракітов В.Е. МПК G01H 5/00, G10K 15/00, G02F 1/00, H01J 47/00. - Заявл. 12.11.2007. - № а 2007 12494. - Опубл. 10.07.2009. Бюл. № 13, 2009.

49. В.Э. Абракитов. Натурные исследования шума г. Харькова. – Х.: Парус, 2008. – 68 с.

50. Абракитов В.Э., Никитченко О.Ю. Спектры шума в жилой застройке г. Харькова (по данным собственных натурных измерений, осуществлённых авторами) // Научный вісник будівництва. Вип. 49. Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2008. - С. - 330-337.

51. Абракитов В.Е. Багаторазові відбиття звуку в акустичних розрахунках. Х.: ХНАМГ, 2007. - 416 с.

52.

<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D1%80%>

[D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD_%D0%A5%D0%B0%D1%80%D1%8C%](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD_%D0%A5%D0%B0%D1%80%D1%8C%)

[D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0). Материал из Википедии — свободной энциклопедии. Категория: Исторические районы Харькова.

53.

<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%83%D1%88%D0%BA%D0%B8>

[%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%83%D0%BB%D0%B8%D1%86%D0%B0_\(%D0%A5%D0%B0%D1%80%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D0%B2\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%83%D0%BB%D0%B8%D1%86%D0%B0_(%D0%A5%D0%B0%D1%80%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D0%B2))

[%D1%80%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D0%B2\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0). Материал из Википедии — свободной энциклопедии. Категория:

Улицы Харькова. Скрытая категория: Статьи со ссылками на Викисклад

54.

[http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%BC%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%83%D0%BB%D0%B8%D1%86%D0%B0_\(%D0%A5%D0%B0%D1%80%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D0%B2\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%BC%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%83%D0%BB%D0%B8%D1%86%D0%B0_(%D0%A5%D0%B0%D1%80%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D0%B2)). Материал из Википедии — свободной энциклопедии. Категория: Улицы Харькова. Скрытые категории: Статьи со ссылками на Викисклад.

55.

[http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D1%89%D0%B0%D0%B4%D1%8C_%D0%A1%D0%B2%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%B4%D1%8B_\(%D0%A5%D0%B0%D1%80%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D0%B2\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D1%89%D0%B0%D0%B4%D1%8C_%D0%A1%D0%B2%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%B4%D1%8B_(%D0%A5%D0%B0%D1%80%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D0%B2)). Материал из Википедии — свободной энциклопедии. Категории: Площади Харькова | Сооружения в стиле конструктивизма. Скрытая категория: Незавершённые статьи о Харькове.

56. Абракитов В.Э. Экспериментальная проверка научной гипотезы о спаде интенсивности шумового излучения на расстоянии пропорционально отношению площадей

волновых фронтов. // Науковий вісник будівництва. Вип. 54. - Х.:ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2009. - С. 326-332.

57. Абракитов В.Э. О вкладе фонового шума в общую картину шумового загрязнения окружающей среды (на базе данных непосредственных натурных измерений, проведенных лично автором). // Науковий вісник будівництва. Вип. № 53. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2009. - С. 263-266.

58. Абракитов В.Э. Методологическая основа составления карты шума г. Харькова. // Науковий вісник будівництва. Вип. № 55. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2009. - С. 279 - 284.

59. В.Э. Абракитов. Натурные измерения уличного шума (с учетом фонового вклада метеорологических явлений в суммарный звуковой спектр) // Коммунальное хозяйство городов. Вип. № 88. К. – Техніка, 2009. - С. 364-370.

60. Руководство по разработке карт шума улично-дорожной сети городов. М.: НИИСФ Госстроя СССР, 1980.

61. Селіванов С.Є., Абракітов В.Е. Багаторазові відбиття звуку на вузьких вулицях міста та захист житлових будівель від транспортного шуму // Науковий вісник будівництва. Зб. наук. праць. Вип. № 40. Харків, ХТУБА

ХОТВ АБУ, 2007. - С. 208-214.

62. Селіванов С.Є., Абракітов В.Е. Захист житлових будівель від транспортного шуму // Коммунальное хозяйство городов: Научно-технический сборник. Вып. №. 76. К.: Техніка, 2007. – С. 391-399.

63. Абракітов В.Е. Роль моделювання акустичних процесів при оптимізації шумового режиму сучасного міста. // Науковий вісник будівництва. Вип. 30. Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2005. - Т. 2. - С. II-190 - 195.

64. Абракітов В.Э. Аналоговое и квазианалоговое моделирование процессов распространения звука в пространстве для прогнозирования шумового режима на защищаемом объекте. – Харьков: АО ХГПИ, 1997. – 40 с.

65. Абракітов В.Э. Аналогове та квазіаналогове моделювання процесів розповсюдження звуку в просторі для прогнозування шумового режиму на об'єкті, що захищається. Друге видання, перероблене та доповнене. – Харків: Парус, 2007. – 108 с.

66. Абракітов В.Э. Проблемы моделирования в акустике и путь их решения. // Оралдың ғылым жаршысы. Научно-теоретический и практический журнал. № 5(6) 2007. Қазақстан: Уралнауцкнига. – С. 8-14.

67. Абракітов В.Е. Точність, вірогідність та оцінка погрішності при моделюванні акустичних процесів // Коммунальное хозяйство городов: Научно-технический сборник. Вып. №. 60. К.: Техніка, 2004. – С. 251 - 256.

68. Абракітов В.Е. Моделювання шуму від транспортних потоків та промислових об'єктів великої довжини при оптимізації шумового режиму сучасного міста // Науковий вісник будівництва. Вип. № 39. Харків, ХТУБА ХОТВ АБУ, 2006. - С. 287 – 291.

69. В.Э. Абракитов. Экономические аспекты борьбы с шумом // Коммунальное хозяйство городов. Вип. № 89. К. – Техніка, 2009. - С.460-464.

70. В.Э. Абракитов. Экономические аспекты борьбы с шумом. Харьков: Парус, 2009 - 60 с.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Абракітов Володимир Едуардович

Картографування шумового режиму центральної частини міста Харкова

Монографія

<i>Відповідальний за випуск</i>	Я.О. Серіков
<i>Редактор</i>	З.М. Москаленко
<i>Дизайн обкладинки</i>	В.Е. Абракітов
<i>Художник-ілюстратор</i>	В.Е. Абракітов
<i>Комп'ютерне верстання</i>	В.Е. Абракітов

План 2010, поз. 10МН

Підп. до друку 12.03.2010.	Формат 60 x 84 1/16
Друк на ризографі	Ум. друк. арк. 12,1
Тираж 500 пр.	Зам. №.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК № 731 від 19.12.2001